

# Diseño de una prótesis canina para extremidades delanteras



Grado en Ingeniería en Diseño Mecánico

## Trabajo Fin de Grado

Miguel Ángel Pardo Jiménez

Juan Ignacio Latorre Biel

Tudela



## Agradecimientos

En un primer lugar me gustaría agradecer a mi familia el soportarme y darme apoyo y su ayuda prestada desde el primer día de colegio hasta el día de hoy, sobretodo agradecerles la paciencia que han tenido conmigo con mis malas notas durante el colegio.

Agradecerle a mi tutor Ignacio Latorre el ayudarme con el trabajo y su entrega a la hora de ayudarme.

Agradecer a Ángel Jaraba su aporte de ideas y su disposición para ayudar en cualquier cosa que se le pida.

Agradecer a mis amigos, (Amaya, Sandra D., Diego, Carlos, Cova, Alejandra, Diana, Sandra N., Iñigo y Miriam) por aguantarme y conseguir que desconecte durante unas horas incluso ayudándome aportando ideas para el trabajo.

También agradecer a mis amigos Jorge, Carlos, y Víctor por animarme y atornillarme durante este trabajo.

Agradecer a Luis Miguel Calvo su ayuda en los apartados de elementos finitos.

Por ultimo agradecer a mis compañeros su ayuda durante la realización de este proyecto.



## Resumen

Este TFG tiene como propósito el diseño de una prótesis para perros capaz de reemplazar una extremidad delantera.

Uno de los objetivos buscados con este diseño consiste en la posibilidad de fabricar la prótesis con una impresora 3D. Se ha observado una carencia en el mercado de este tipo de productos, que en general no están preparados para ser imprimidos en una impresora 3D.

## Palabras clave

Anatomía, morfología, prótesis, ortesis, elementos finitos.

## Abstract

The main purpose of the project is to design a prosthesis capable of replacing a front extremity of a dog. One of the main targets sought with this design has been to make the prosthesis out of a 3D printer. It is thought there is a lack of market in these kind of product, which in general are not ready to be printed in a 3d printer.

## Key words

Anatomy, morphology, prosthesis, orthoses, finite elements.





## Contenido

1. Introducción histórica .....	6
1.1 Siglo XVI-XI a.C. Egipcios .....	6
1.2 Edad antigua (1600 a.C.-476 d.C.) .....	7
1.3 Edad media (476 d.C.-1492d.C.) .....	8
.....	8
1.4 Renacimiento (1492 d.C.- 1800 d.C.) .....	9
1.5 Siglo XVII- XIX .....	11
1.6 Edad contemporánea.....	13
1.7 Siglo XXI.....	14
1.8 Tecnología i-limb.....	16
1. Objetivo .....	18
2. Descripción del problema: .....	19
3. Especificaciones:.....	20
4. Alternativas.....	22
4.1 Alternativas de mercado:.....	22
4.2 Alternativas de diseño de la prótesis.....	30
4.2.5 Palos de trekking .....	38
Sistema de bloqueo .....	38
.....	39
Sistema de palanca .....	39
.....	40
Sistema de torsion .....	40
Como funciona: .....	41
Mecanismo de resorte.....	42
5. Diseño de la prótesis .....	43
5.1 Diseño del cuerpo o encaje.....	43
5.2 Diseño del agarre .....	44
5.3 Sistema de ajuste de altura .....	47
.....	49
5.4 Pie dinámico:.....	49
5.5 Materiales .....	50
ABS.....	50



Poliamida de precisión PA2200.....	51
Decisión de material:.....	51
6. Elementos finitos .....	52
1. Análisis de la pisada. ....	53
Cuerpo.....	53
a) Fuerzas y sujeciones .....	53
b) Tensiones .....	53
c) Desplazamientos .....	54
d) Deformación unitaria. ....	54
Pie dinámico:.....	54
a) Fuerzas y mallado .....	55
.....	55
b) Tensiones .....	56
c) Desplazamiento .....	56
.....	56
d) Desplazamiento unitario.....	57
Pieza de agarre.....	57
a) Fuerzas y mallado .....	57
b) Tensiones .....	58
c) Desplazamientos.....	58
d) Desplazamiento unitario.....	59
Resultados pisada .....	59
2. Paso.....	59
a) Sujeción fuerzas y mallado .....	59
b) Tensiones .....	60
c) Desplazamientos.....	61
d) Desplazamientos unitarios.....	61
Análisis de resultados .....	61
3. Peso del perro .....	62
Tensiones.....	62
.....	62
Deformaciones .....	62
Deformación unitaria .....	63
7. Rediseño .....	63
1. Elementos finitos .....	65



Mallado.....	65
Tensiones.....	65
Desplazamiento.....	66
.....	66
Desplazamientos unitarios.....	66
8. Piezas necesarias y montaje.....	66
8.1 Piezas necesarias .....	66
8.2 Montaje.....	67
9. Presupuestos .....	68
9.1 Precios de coste.....	68
9.2 Precio fijo: .....	69
9.3 Beneficios:.....	70
9.4 Precio final: .....	70
10. Legislación .....	70
10.1 Legislación estatal.....	70
10.2 Legislación Internacional .....	72
10.3 Legislación de productos sanitarios.....	72
11. Iniciativas de marketing:.....	72
11.1 Anuncios y artículos en páginas web especializadas.....	72
11.2 Redes sociales .....	73
11.3 Profesionales de veterinaria .....	73
11.4 Tiendas de venta de materiales para animales .....	73
11.5. Participación en ferias. ....	73
.....	74
11.6 Empresas de impresión 3D: .....	75
11.7 blogueros: .....	75
12. conclusiones finales.....	76
13. Bibliografía.....	77



## 1. Introducción histórica

Las prótesis de sustitución de extremidad nos han acompañado a lo largo de la historia ya sea por defectos congénitos, amputaciones por causas médicas, accidentes, guerras...etc. Las prótesis ortopédicas, históricamente, siempre han estado muy ligadas al campo de la medicina. Otro campo muy ligado a las piernas ortopédicas es el campo de la ingeniería, intentando así mejorar nuestra forma de vida. Los avances en estos campos han conseguido que las piernas ortopédicas hayan ido cambiando de materiales, forma estética, funcionalidad...veremos aquí un recorrido por su historia.

### 1.1 Siglo XVI-XI a.C. Egipcios

Es reconocido por la comunidad de historiadores y arqueólogos que los antiguos egipcios eran grandes maestros en muchas ramas científicas como arquitectura, matemáticas, química, geometría y medicina.

El doctor Richard Jackson cirujano en la universidad Brigham Young ha encontrado, cuando realizaban una prueba rutinaria, una prótesis ortopédica en una momia de 3000 años de antigüedad. En la rodilla del sujeto se ha encontrado un tornillo ortopédico de 23 centímetros.

Hay que destacar dos cosas acerca del tornillo; El tornillo estaba unido al hueso mediante una resina parecida al cemento óseo que usamos a día de hoy. Además, también ha sido de gran importancia el diseño perfecto del clavo «El pasador está hecho con un diseño parecido a los que utilizamos hoy en día para conseguir una buena estabilización del hueso» ha añadido Jackson.



Figura 1. Foto de la momia donde se ha encontrado el tornillo

Los egipcios hicieron grandes avances en la prevención de enfermedades, cirugías, atención de enfermos alivio del dolor y sufrimiento así como evitando la muerte



prematura de los pacientes. Pero le dieron un uso innovador a la medicina, el sentido estético. Varias prótesis con forma de dedo gordo del pie encontrado en la necrópolis de Tebas. De las dos prótesis encontradas, la que está expuesta en el museo egipcio, esta datada del 950-710 a.C. La otra, expuesta en el museo de Londres, esta datada en 600 a.C.



Figura 2. Prótesis ortopédica plantar

Estas prótesis estaban hechas de madera, yeso y papel mache. En un principio se creía que estas prótesis se utilizaban con fines funerarios, para entrar “completos” a su nueva vida en el más allá, pero según los últimos estudios realizados por la doctora Jacky Finch de la universidad de Manchester estas prótesis eran muy útiles a la hora de caminar. Según dicho estudio el dedo gordo del pie soporta el 40 % del peso corporal, aunque la gente que carece de este dedo se puede adaptar bien. El estudio consta de hacer una prótesis similar con los mismos materiales y probarla en personas que tengan la misma carencia, la falta del dedo gordo del pie.

## 1.2 Edad antigua (1600 a.C.-476 d.C.)

Durante este periodo las civilizaciones romana, griega y egipcia impulsaron la medicina y con ello el tratamiento que recibían los enfermos, así las piernas ortopédicas fueron aumentando.

Este fue el comienzo de la ciencia. Hipócrates (400 a.C.), padre de la medicina, ya documentaba uniones óseas. También hay documentado la historia de un soldado persa llamado Hagesistrato. Hagesistrato estaba preso con un cepo y decidió amputarse un pie para después hacerse una prótesis metálica y volver a la batalla. El mismo historiador escribió la historia de un vidente persa, condenado a muerte, que se amputó un pie para luego reemplazarlo con una prótesis de madera y poder caminar 30 millas hasta el próximo pueblo.

Un general romano de la segunda Guerra Púnica (218-210) al cual tras amputarle un brazo, lo armaron con un brazo de hierro para poder volver al campo de batalla.

### 1.3 Edad media (476 d.C.-1492d.C.)

Tras la caída del imperio romano occidental, Europa ya no tenía un gobierno central. Por lo tanto había muchos territorios diferentes. Durante este periodo los diferentes territorios de Europa se dedicaron a guerrear entre sí para controlar los territorios. Esto consiguió que se interrumpieran las rutas de comercio así como el miedo de la gente. Predominaba el teocentrismo. Esto provocó que no hubiera un centro de estudio de la medicina centralizado y muchas técnicas se perdieron. En esta época las prótesis eran rudimentarias piernas de madera y ganchos que ayudaban en algunas tareas. Estas prótesis precarias estaban hechas de madera y cuero.



Figura 3. Prótesis ortopédica edad media



Figura 4. Garfio edad media

Las prótesis se adaptaron como pudieron a estos tiempos. Estas se utilizaban para esconder la debilidad en la batalla. Las prótesis eran construidas por los propios fabricantes de armaduras como una extensión de la armadura. Estos poseían conocimientos del cuerpo humano así como de creatividad para hacerlas. Además contaban con fabricantes de relojes que aportaban los conocimientos acerca de engranajes. Una de las más importantes prótesis en aquella época era un brazo de hierro con el que se podía sujetar un escudo y con la otra mano, sin prótesis, sujetar la

espada y así poder entrar en batalla. Pero estas prótesis eran a medida por lo que solo los ricos podían adquirirlas

#### 1.4 Renacimiento (1492 d.C.- 1800 d.C.)

En este periodo se deja atrás el teocentrismo y se plantea una nueva forma de ver el mundo así como la filosofía, el arte y sobretodo el resurgir de las técnicas médicas que habían empezado los romanos y griegos. En este periodo las universidades volvieron a desarrollar artes como la medicina, el arte, las matemáticas...etc.

En cuanto a prótesis cabe destacar a Gottfried "Gottz" Von Berlinghine apodado "mano de hierro". El cual perdió una mano en la guerra de sucesión entre Renania y Baviera (1504) a causa de un cañonazo de su propio bando. Tras ser hospitalizado, un año más tarde su mano fue reemplazada por un guante de hierro. Constaba de 10 ruedas mecánicas con las cuales poder mover los dedos. Esta prótesis le permitía movimientos de pronación y supinación. Esto era muy útil para tareas diarias. En este tipo de prótesis como empieza a tomar importancia la funcionalidad de las misma. Aunque eran grandes avances la prótesis no estaba diseñada para poder coger objetos pesados como una espada. Aun así pudo ganarse la reputación de protector de campesinos.

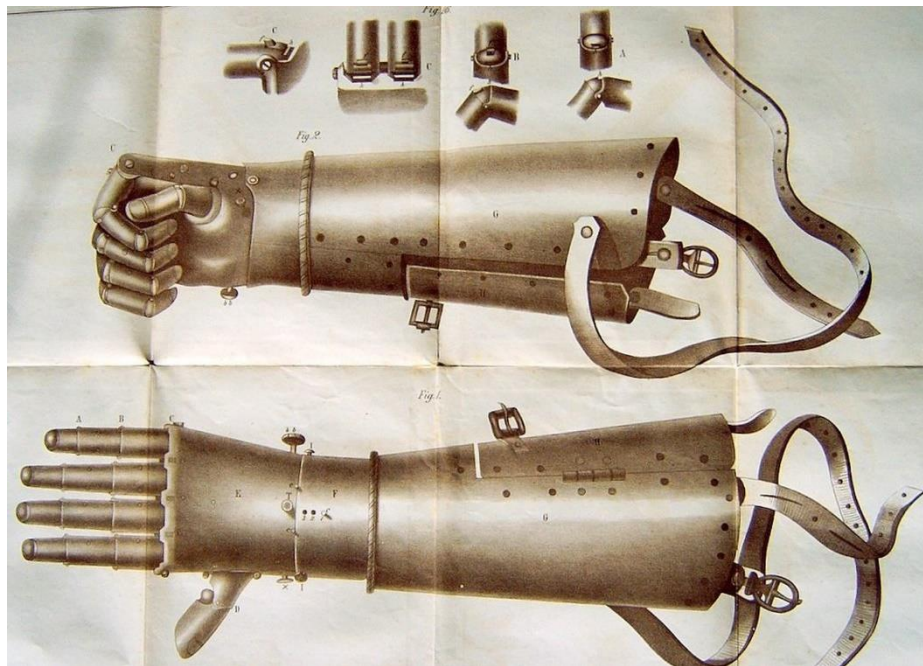


Figura 5. Mano de hierro de Gottz





Figura 6. Mano ortopédica del renacimiento

Por otro lado la medicina seguía avanzando. En este periodo hay que destacar Ambroise Pare, un francés nacido en 1520 que es considerado, por sus avances en este campo, el padre de la cirugía moderna pese a que nunca estudio en ninguna escuela de medicina. Pare estudio por su cuenta. Entre estos avances están la ligadura de arterias en amputaciones, técnicas de extracción de proyectiles, invento una crema de cauterización de las heridas por proyectiles y uso de tubos para drenar abscesos. En una de las guerra de religión, el duque Guisa fue alcanzado por un proyectil tras ser examinado por sus médicos se determinó que la herida era mortal y no fue tratado. Aun así Pare fue llamado y consiguió salvar al rey ante la incredulidad de los médicos del duque. Después de muchas campañas militares y debido a su prestigio fue el medico de cuatro reyes Enrique II, Francisco II, Carlos IX y Enrique III.

También creo innovadores aparatos ortopédicos y prótesis de brazo y piernas. Es considerado el primer creador de una prótesis moderna. Ambroise se incorporó al ejército como cirujano en 1536 donde pudo probar miembros artificiales para soldados amputados. Llego a crear un brazo articulado por el cual paso a la historia. Este brazo tenía una muñeca articulada y dedos móviles. Esto permitía reproducir los movimientos naturales de una mano.



Figura 7. Brazo articulado creado por Ambroise





*Figura 8. Brazo articulado creado por Ambroise*

Otro de sus prótesis que inventó permitía el uso de una pluma de escribir. También fue el inventor de una pierna ortopédica de madera que permitía flexionar la pierna por la rodilla, una prótesis de pie con posición fija, además de un arnés ajustable. Paré fue galardonado por la universidad de París no solo por sus logros en el campo de la medicina sino por lo que representa, el ejemplo de esfuerzo y dedicación continua así como de la dedicación a los pacientes. Además debemos mencionar a un cerrajero francés llamado Lorrain el cual comenzó a fabricar las prótesis con papel, cuero y pegamento, dejando atrás las prótesis de metal pesadas.



*Figura 9. Mano desarrollada por el francés Ambroise*

## 1.5 Siglo XVII- XIX

En este periodo de tiempo se dieron grandes avances en la medicina y la protésica. Entre ellos están la invención del torniquete, la anestesia, los analépticos (fármacos que estimulan el sistema nervioso central, por lo general los centros vasomotores y respiratorio), los coagulantes de sangre y otros fármacos. Con estos avances se

consiguió que la amputación fuera una medida curativa aceptada. Los cirujanos tuvieron tiempo para hacer las prótesis más funcionales.

Un cirujano Holandés llamado Pieter Verduyn fue el primero en diseñar una prótesis para amputaciones hechas por debajo de la rodilla sin mecanismos de bloqueo. Esto sería el comienzo de los dispositivos actuales.

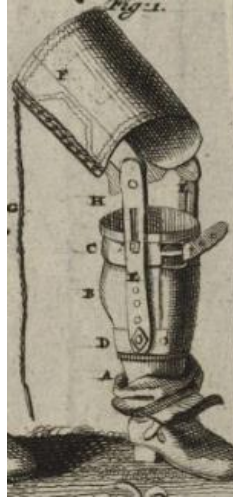


Figura 10. Prótesis de Verduyn

En 1800, James Pott, diseñaba una prótesis ortopédica con pantorrilla de madera, la articulación de la rodilla era de acero con pie articulado. Esta pierna fue para el Marques de Anglesey, general de la armada británica que perdió una pierna en la batalla de Waterloo.

Entre 1859 y 1856 Douglas Bly inventaba una nueva prótesis que ofrecía “tobillo y sutura que estaba hecho de una bola de marfil que descansaba dentro de un casquillo de goma” según los folletos que el mismo hacía para venderla a los soldados mutilados de la guerra civil americana. Pero el gobierno americano considero muy caras las prótesis para proveer a sus soldados heridos en cambio pago una parte del precio total.

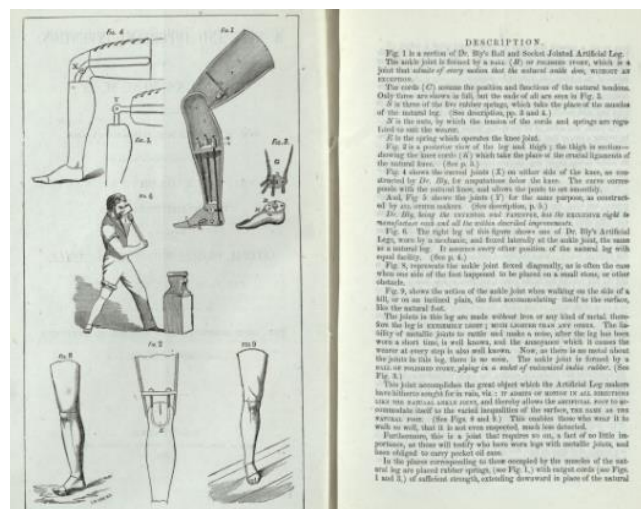


Figura 11. Folleto de Douglas Bly publicitando su prótesis.

## 1.6 Edad contemporánea

Esta era el desarrollo de la aeronáutica y sus materiales más livianos hicieron que las prótesis ortopédicas evolucionaran de forma muy rápida. En 1912 Marcel Desoutter, un aviador inglés el cual había perdido una pierna en un accidente aéreo, creó junto a su hermano Charles una pierna hecha con aluminio.



*Figura 12. Pierna ortopédica 1912*

En la primera guerra mundial dejó 100.000 amputados. Solo en Inglaterra había unos 41.000 mutilados por la primera guerra mundial. Se crearon hospitales por toda Inglaterra para ayudar a los soldados mutilados, como el Hospital Erskine en Renfrewshire y el Hospital Queen Mary en Roehampton. Además se recopiló mucha información de los conocimientos médicos durante la primera guerra mundial.

En este punto Europa tomó la iniciativa de investigación de prótesis. Los protesistas se encargaron del desarrollo de nuevas técnicas en lo que se refiere al equipamiento de prótesis.

Cabe destacar el caso de Douglas Bader, piloto de la RAF, que perdió las dos piernas en 1930 en un accidente aéreo un año después de graduarse. Unas prótesis le permitieron luchar contra la "Luftwaffe" nazi causando graves estragos en la batalla de Inglaterra.

Durante la segunda guerra mundial los amputados aumentaron a nivel mundial. Las tecnologías europeas eran mucho mejor que la tecnología americana. Los veteranos de guerra reclamaban mejoras en las prótesis. En 1946 el gobierno americano designa a la academia nacional de ciencias la investigación acerca de las tecnologías de las prótesis. En 1950 todos los fabricantes de prótesis y equipamientos protésicos se unieron haciendo en una asociación llamada AOPA. Las universidades de Europa y USA comenzaron el estudio y desarrollo de prótesis en sus centros.

En la universidad de California empezó en 1947 a dar cursos sobre protésica. También la universidad de Nueva York empezó a impartir curso de post graduado en 1956.

Se empezó a estudiar el uso de los materiales de la aeronáutica, como las resinas, en la fabricación de prótesis. Gracias a exportaciones se ha podido lograr grandes avances como el cono PTB.

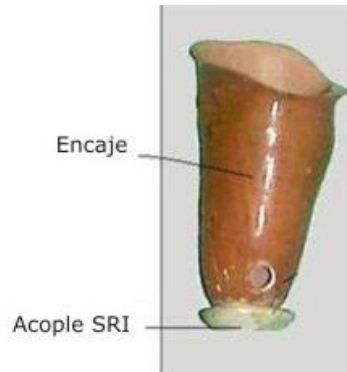


Figura 13. Conos PTB

O por ejemplo el diseño del pie sach.



Figura 14. Prótesis de pie "pie sach"

La evolución de los materiales a partir de 1950 sería determinante a la hora de hacer las prótesis. Estos nuevos materiales permitían que las prótesis fueran más livianas más cómodas y con más funcionalidad.

En 1998 las prótesis eran echas con un conjunto de materiales forjados de aluminio cobre magnesio y silicio llamados duraluminio. Estas aleaciones tienen una alta resistencia mecánica a la temperatura ambiente sin embargo su resistencia a la corrosión soldabilidad y aptitud al anodizado son bajas.

## 1.7 Siglo XXI

En el año 2006 Claudia Mitchell recibía su brazo biónico. Tras perder un brazo en un accidente de tráfico, Claudia se puso en contacto con el doctor Todd Kuiken jefe del proyecto del instituto de rehabilitación de Chicago. Claudia posee un brazo biónico conectado con su sistema nervioso. El secreto reside en las señales "mioeléctricas" que van del cerebro a los nervios. Estas señales son recogidas por sensores, electrodos, que son recibidos por un ordenador. Este ordenador interpreta las señales y reproduce el movimiento que Claudia está transmitiendo. Para simplificar el proceso los cirujanos redirigieron los nervios del brazo al pecho. Haciendo más fácil la comunicación entre Claudia y la máquina. Esto le permite hacer acciones cotidianas como cocinar o abotonarse la camisa. El proyecto costo 40 millones y fue financiado por el departamento de defensa de estados unidos.





Figura 15. Claudia Mitchell y su brazo bionico



Figura 16. Sensores que tiene el brazo de Claudia

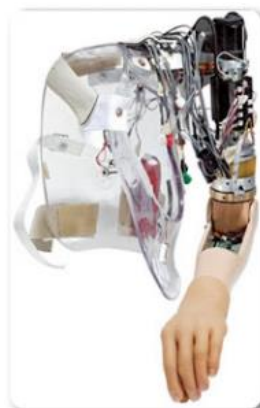


Figura 17. Brazo ortopédico

Otro caso a destacar es James Young, este joven aficionado a los videojuegos, respondió a un anuncio de Konami para probar una prótesis futurista. La prótesis conecta con los nervios y los músculos del hombro además de expresar el espíritu innovador de la persona que lo porta. Parte del brazo ha sido imprimido en 3D. El brazo posee un USB para cargar el móvil, un reloj o un drone. Esta prótesis le permite manipular objetos pequeños como monedas.

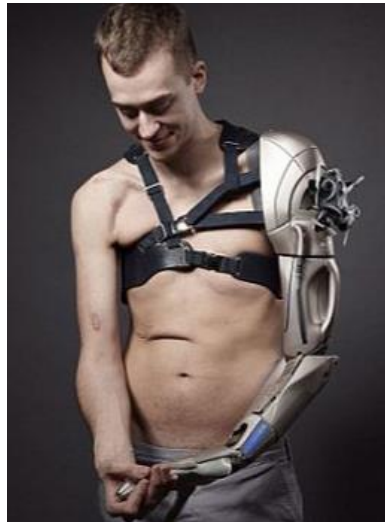


Figura 18. James Young con su

En los últimos años la tecnología de impresión 3D se ha ido apareciendo en el mundo de las prótesis ortopédicas, los ingenieros son más proclives al uso de la fabricación en 3D. Es una manera de ahorrar material y de simplificar el proceso de fabricación.

Implantes auditivos: se llama implante auditivo osteointegrado. El audífono se conecta con un pequeño implante de titanio colocado en el hueso del cráneo, cuyas vibraciones permite transmitir los sonidos al oído interno.

Corazón artificial: se implantó por primera vez en España en la universidad clínica de Navarra. Es un aparato autónomo pues funciona con una batería. La batería va en una mochila lo que permite una cierta movilidad, el paciente no tiene que estar conectado a una máquina. Posee un motor interno que le permite mover una bomba hidráulica que hace circular la sangre con ritmo regular. Las válvulas fueron diseñadas especialmente para evitar problemas de coagulación.



Figura 19. Corazón artificial

## 1.8 Tecnología i-limb

La tecnología i limb es la más moderna tecnología de prótesis ortopédicas. Estas prótesis multi-articulada con cinco dedos individuales. Estas prótesis se controlan por las señales musculares, los llamados activadores que permiten que la mano active un

agarre determinado. Esta tecnología posee 24 opciones de sujeción. La prótesis se auto calibra de activadores para impulsos de contracción simultánea, doble y triple.



Figura 20. Prótesis i-limb

Información técnica	
Tensión	7,4 V (nominal)
Intensidad máx.	5 A
Capacidad de la batería	Recargable de polímeros de litio; 7,4 V (nominal); 2.400 mAh de capacidad; 1.300 mAh de capacidad
Límite de carga máx. de la mano (límite estático)	90 kg / 198 lb
Carga de sujeció del dedo (límite estático)	32kg / 71lb
Tiempo desde posición abierta hasta sujeción	1,2 segundos
Peso del dispositivo	Peso con QWD 507 g (pequeño) y 515 g (mediano)
	Peso con unidad WD 443 g (pequeño) y 451 g (mediano)

Figura 21. Información técnica I-limb





## 1. Objetivo

Con este trabajo se pretende realizar un correcto diseño de una prótesis ortopédica funcional de forma que pueda imprimirse en 3 dimensiones y así aumentar la adaptabilidad al perro además de conseguir reducir el tiempo de fabricación de las prótesis. Los objetivos que perseguimos con este trabajo son:

- 1) Diseño de una prótesis para la extremidad anterior.
- 2) Prótesis funcional, es decir que el animal pueda andar cómodo y sin problemas.
- 3) Imprimible en 3D. Para que la fabricación de la prótesis no depende de máquinas de alto coste o de personal cualificado.
- 4) Las dimensiones de la prótesis tiene que ser válidas para un perro de raza pastor alemán, además tiene que poder soportar un peso de 30 kilos.
- 5) Lograr un diseño funcional que sea accesible para todos los que económicamente no tienen acceso a una prótesis de mercado.
- 6) Estudio de mercado de las prótesis que hay en el mercado así como de las empresas que imprimen en 3D





## 2. Descripción del problema:

En los últimos años la adopción de mascotas no se ha visto afectada por la crisis económica.

Tabla 1. Representación de datos de adopción de mascotas entre 2005-2014

	Total periodo: 2005- 2014
Perros	214,28%
Gatos	301,06%
Hurones	1445,58%
Otros*	35,44%

Como vemos en la tabla 1 la adopción de mascotas ha aumentado entre los años 2005 y 2014. Estos datos son proporcionados por el ministerio de agricultura, alimentación y medio ambiente. Según este ministerio ha día de hoy hay 7 millones de perros en España. (ministerio de agricultura)

Los perros, como los humanos, sufren enfermedades. Muchas de estas enfermedades afectan directamente a las extremidades de los mismos. Algunas de ellas como displasia de codo pueden ser congénitas. Otras enfermedades más graves como tumores, en especial el cáncer de huesos (osteosarcoma), pueden ser agresivos y pueden extenderse al resto del cuerpo. Los perros que han sufrido un accidente pueden tener extremidades dañadas, huesos triturados o nervios dañados. La amputación de extremidades de perros es una alternativa clínica necesaria para contrarrestar estos problemas en las extremidades. Ha día de hoy la cifra de perros que han sufrido la amputación de una extremidad ronda entorno un 7% del total. Esto nos deja un total de 490.000 perros amputados en España. La mayoría son perros de caza de tamaño medio-grande.

Para estos perros amputados existe un mercado de prótesis ortopédicas. Estas prótesis o ortesis para animales son fabricadas a mano; además la fabricación es específica para cada perro. Esto conlleva disponer de las maquinas necesarias para poder hacerlas además de la gente que sepa manejar dichas maquinaria.

Esta forma de fabricación de prótesis repercute en el precio, aumentándolo. Como se verá adelante en este trabajo el precio de estas prótesis ronda entre los 700 y 1000 euros; estos precios son un impedimento para las personas que tienen rentas bajas.



### 3. Especificaciones:

Este trabajo se va a focalizar en hacer una prótesis ortopédica para un rango de perro específico. Por supuesto esta prótesis tiene que cumplir una serie de necesidades con respecto al usuario en este caso al animal y su dueño.

- Especificaciones relacionadas para el animal y su dueño:
  1. Comodidad: esta prótesis tiene que estar diseñada de tal forma que el animal este cómodo; es decir la unión de la prótesis con el muñón tiene que resultar cómoda con para el animal. Esto nos lleva a un diseño de la prótesis que permita adaptarse al muñón de la prótesis.
  2. Durabilidad: el diseño debe de ser adecuado para que su vida útil sea máxima; habrá que tener en cuenta las condiciones climatológicas sobre todo a la hora de escoger materiales.
  3. Coste económico: lo más bajo posible sin poner en riesgo la integridad de la prótesis.
- Especificaciones técnicas:

Esta prótesis va destinada a un perro de tamaño medio-grande, al cual le falta una parte de la extremidad. Además de eso algunas cosas nos van a restringir el uso de la prótesis. Lo que más nos va a determinar el uso de la prótesis va a ser el peso del animal que la va a usar. Esta prótesis está hecha para aguantar un animal de 30 kilos. Algo que también nos va a influir en desarrollo de la prótesis va a ser la altura de cruz del animal, aunque en menor medida que el peso. Se pretende hacer un diseño con el cual podamos regular el tamaño final de prótesis para adaptarla a un mayor rango de perros.

Para desarrollar una prótesis que cumpla las especificaciones definidas en este TFG se han tomado una serie de medidas a un pastor alemán.

A continuación se va a exponer una serie de medidas que necesitamos para la realización del trabajo además de cómo se han medido.



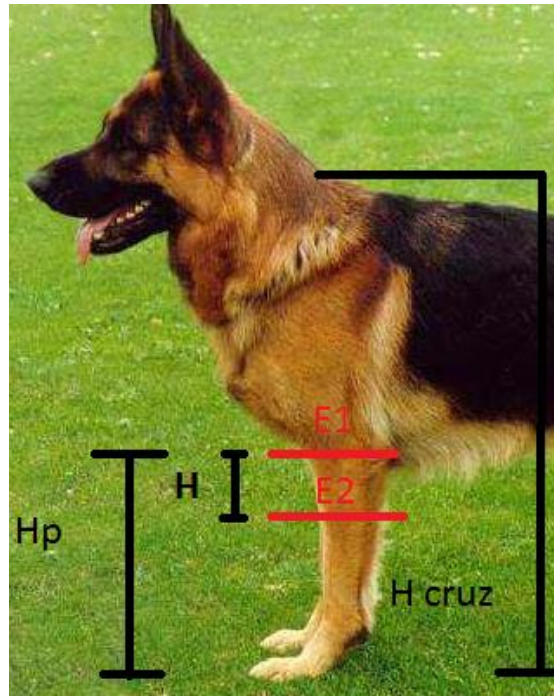


Figura 22 Animal en el que señalamos las medidas tomadas.

Aunque en la foto se puede ver a un perro que no le falta una pierna, se considera que la pierna que se está diseñando está destinada a un perro que tiene un muñón en la pata. Para el correcto diseño de la prótesis hay que saber qué forma tiene el muñón en su zona alta (E1), a partir de ahora la zona proximal, y en su zona baja (E2) a partir de ahora zona distal. Para ello se ha medido la forma una extremidad de un pastor alemán real y se ha observado que en la zona E1 y E2 la sección de la pata tiene una forma muy parecida a una elipse. Una elipse está determinada por dos diámetros.

Tabla 2 MEDIDAS

Medidas	Reales	Diseño
E1	Da= 96 mm Db=71,5 mm	Da=106 mm Db=81.5 mm
E2	Da=65 mm Db=54	Da= 75 mm Db=64
H.Cruz	H cruz= 60 cm	
H.pata	Hp=27 cm	
H.muñon	H.muñon: 48	H.cono=53

## 4. Alternativas

En base a estos datos se exponen las diferentes ideas que se han considerado para llevar a cabo la prótesis ortopédica.

En un principio se expondrán las diferentes ideas que se han pensado para la parte que debe ajustarse a la extremidad del animal. La idea principal para que se pudiera ajustar al muñón del perro es hacer un cono que estuviera incompleto que tuviera unas ranuras para poder pasar unas cintas con velcro como las que se puede observar en la imagen a continuación.



Figura 23. Cinta con velcro

Para el diseño de la prótesis ortopédica se considera que hay tres partes en una prótesis ortopédica. Cono, cuerpo y por último base. En este apartado se expondrán las posibles alternativas para las tres partes de la prótesis. Se empezará por la parte del cono, la parte en contacto con la extremidad del perro.

### 4.1 Alternativas de mercado:

En este apartado vamos a analizar las prótesis de extremidad anterior que hay en el mercado que se puedan comprar. Por lo general estas prótesis son hechas a medida debido a que cada perro tiene una morfología diferente. Sí que es verdad que todos los perros tienen la misma anatomía pero cada perro desarrolla unos músculos más que otros. Para este análisis de mercado debemos distinguir en grupos las diferentes prótesis que se encuentran en el mercado.

En este trabajo se va a diferenciar de la siguiente forma:

1. órtesis: los perros que utilizan este tipo de prótesis tienen toda la extremidad, aunque no la tengan totalmente funcional físicamente tienen toda la extremidad. Este tipo de prótesis dan apoyo al movimiento de las extremidades de los perros. Son llamadas órtesis. Estas órtesis son elementos que corrigen algún movimiento o posición anormal, deficiente del cuerpo. Estas órtesis suelen ser articuladas. Las órtesis articuladas compensa la pérdida de funcionalidad de la articulación del perro. Además reduce el desplazamiento lateral de la rodilla y reduce el dolor en casos de artritis o artrosis, lesión de ligamentos cruzados, lesión de menisco,



problema de rotula y tendinitis. Remarca que estas órtesis no dan solución a nuestro problema. Estas órtesis solo sirven como ayuda a la rehabilitación o para corregir algún movimiento como ya se ha mencionado antes. Sin embargo aportan grandes ideas para la resolución de ciertos problemas que surgen a la hora del diseño.

Las siguientes órtesis son con articulación.  
(<http://ortopediacanina.com/es/protesis-y-ortesis-a-medida/225-protesis-de-miembro-posterior.html>, s.f.)



Figura 24. Prótesis canina de extremidad completa

Estas prótesis son muy específicas, es decir están fabricadas para un solo perro. Esta es una de las razones de su excesivo coste. Esta órtesis para perros tiene un coste de 764,5 euros. La fabricación de estas prótesis tiene el mismo proceso que una prótesis para humanos. Ahora expondremos el proceso de forma breve.

1. Creación del molde: la pierna del animal se envuelve con un vendaje de yeso apropiado de manera íntima conservando así su forma. Tan pronto el vendaje se endurezca, este se retira de la extremidad del perro. Así tenemos un molde en negativo.
2. Una vez hecho el molde, se digitaliza el molde y mediante unos programas de diseño se diseña la prótesis.
3. Una máquina CNC las hace por partes, una vez hechas se lijan las partes internas y externas.
4. Se juntan las partes y se ponen los remaches.



Figura 25. Perro con Prótesis canina.

2. Prótesis completas: estas prótesis son utilizadas cuando a un animal le falta una extremidad o parte de ella. Sirven de apoyo al andar. Estas prótesis mejoran la calidad de vida de animales con discapacidad.

- a) Prótesis integrada a la extremidad: estas prótesis son utilizadas cuando el animal no tiene la extremidad completa. Además lleva un procedimiento llamado osteo-integración, la unión directa y funcional entre el hueso y la prótesis. Consta de dos partes una base, que se junta al hueso y se debe fusionar con él, y un tornillo roscado a la base. Así parte del tornillo queda fuera de la extremidad y es aquí donde se engancha la prótesis. Una de las desventajas que tiene este tipo de prótesis es que el perro tiene que aceptar el implante, además de que solo sabremos si acepta el implante una vez esté hecha la cirugía. Esta cirugía es muy cara. En este caso la cirugía para el perro de la figura 1 costo 6500 euros. Este proceso todavía está en proceso de investigación.



Figura 26. Prótesis integradas en la extremidad.

- b) Prótesis de extremidad completa: estas prótesis son de quitar y poner. Es decir no están integradas con la extremidad como el ejemplo anterior. Estas prótesis suelen estar agarradas al cuerpo con un arnés para una mayor seguridad.



Figura 27. Prótesis de extremidad completa

- a) Con ruedas: estas prótesis cuentan con un arnés que se sujeta al cuerpo del perro. De este arnés salen uno o varios ejes, depende de las extremidades que le falten al animal, que comunican con las ruedas. Estas prótesis son más utilizadas para animales que le faltan las dos piernas delanteras o las dos piernas traseras.



Figura 28. Perro con una prótesis con ruedas.

3. Prótesis imprimidas en 3D: esta técnica es nueva y por lo tanto no hay muchas. Y las que existen son de gente que tiene acceso a una impresora 3D y que autónomamente se diseña las prótesis para su perro. Este método de fabricación



es el que se ha escogido para la prótesis. Esta elección es debido a que la técnica de impresión en 3D tiene muchas ventajas, aquí se expondrán

- a. Reducción de costes: debido al alto coste de las prótesis. Algunas de ellas, como ya hemos visto en este apartado pueden llegar a valer entre 700 y 1000 euros.
- b. Personalización y versatilidad: una impresora 3D es capaz de crear una infinidad de productos diferentes. Lo que nos permite adaptarnos mejor a la morfología de la extremidad.
- c. Accesibilidad a la maquinaria: por lo general la maquinaria necesaria para la impresión en 3D no es tan cara como las máquinas que se utilizan convencionalmente, además no requieren de personal cualificado para su uso y su mantenimiento es más simple.

Ahora se expondrán diversos ejemplos en los cuales la impresión 3D ha ayudado a mejorar la vida de estos animales. La impresión en 3D está comenzando a tomar fuerza en la creación de prótesis para animales. Muy conocidos son los casos en los que se ha implantado a un animal una prótesis imprimida en 3D. Como ejemplo resaltar el caso de un tucán en Brasil que fue encontrado cuando había perdido parte del pico. Un grupo de veterinarios trabajó conjuntamente con un grupo de ingenieros de la universidad de Brasil y consiguieron crear una prótesis imprimida en 3D que más tarde lograron implantar al tucán mediante una operación quirúrgica.



Figura 29. Momento de la operación al tucán





Figura 30. Tucán en momento de la operación para implantarle la prótesis

Aunque se podrían exponer muchos casos de este tipo de tucanes y de otros animales, como prótesis para otros animales como caballos, ocas, pollos..., en este trabajo se va a focalizar en las prótesis imprimidas en 3D para perros.



Figura 31. Perro usando una prótesis impresa en 3D.

En este caso se aprecia una prótesis con ruedas. Esta prótesis tiene 3 partes:

- a) Traje: este perro lleva un traje específico ajustada a su cuerpo. Esto permite que el contacto con la prótesis no sea directo, lo que le da comodidad al animal. Esta parte se compra.
- b) Esqueleto: esta imprimido en 3 D. se ajusta perfectamente a la forma del animal. El esqueleto está compuesto 3 componentes: la base, los ejes y por último las barras que unen la base y los ejes. Se puede observar como en la

base la prótesis hay unas ranuras donde se agarra el velcro para ajustar la base al cuerpo

c) Ruedas: al final de los ejes. Se compran.

Otro de los casos más impactantes es el de este husky llamado Derby. El cual tenía una deformación al nacer por la cual no podía caminar, solo podía arrastrarse. En un principio se intentó solucionar el problema con un par de ruedas delanteras pero dicho sistema probó ser ineficiente e incómodo para el animal. Más tarde se probó con unas prótesis imprimidas en 3D. Se encargó a la empresa 3D Systems los cuales le hicieron unas prótesis personalizadas y ajustable a su enfermedad. El perro se ha adaptado muy bien a sus nuevas prótesis.

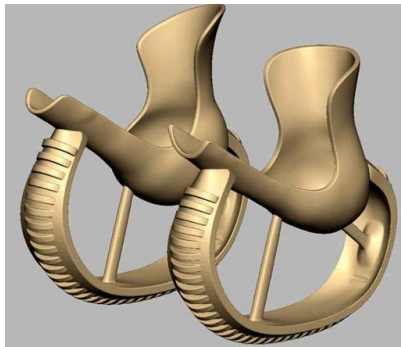


Figura 32. Diseño de la prótesis en 3D



Figura 33. Perro (Derbi) con una prótesis imprimida en 3D.

Aunque el perro se adaptaba bien. El modelo era demasiado bajo y Derby no podía tener la espalda recta. Según los veterinarios esta postura aumentaba la

carga de la columna vertebral y podría haberle causado problemas y daños. Para resolver el problema le hicieron la misma prótesis con un tamaño mayor pero aun así no conseguían resolver el problema. Por ello la empresa tuvo que rediseñar la prótesis, con un nuevo material y crear un nuevo modelo.

4. El pie de la prótesis: es la parte más importante, pues es la que está en contacto con el suelo y por lo tanto una de las partes que más desgaste va a tener. Esta parte puede variar mucho su forma y material, puede ir desde un taco de goma hasta los más modernos pies dinámicos iguales a los que uso Oscar Pistorius en las olimpiadas de Londres 2012.

- Pie: sirven de apoyo al andar, proporciona estabilidad al perro y su diseño es simplemente estético, es decir no tiene ninguna otra función.



Figura 40. Prótesis de pie.



Figura 41. Prótesis de pie.



Figura 42. Prótesis para niños



Figura 43. Prótesis de pie

- Pie dinámico: además de dar apoyo y estabilidad, esta prótesis consta de un diseño muy específico. Este diseño permite almacenar energía cuando se está ejerciendo la fuerza sobre él y devuelve esa energía cuando la fuerza está remitiendo. Este diseño nos permitiría reducir el violento golpe de la prótesis y el suelo. Hay muchos diseños y muchas variantes. Aquí se expondrán algunos.



Figura 48. Pie dinámico  
axtion 1E56



Figura 49. Pie dinámico  
C-walk 1C40



Figura 50 pie dinámico  
sprinter 1E90



Figura 51 pie dinámico Trias  
1C30.

(<http://protesica.com.co/portfolio-item/pie-dinamico/>, s.f.)

## 4.2 Alternativas de diseño de la prótesis

En este apartado vamos a analizar todas las alternativas de diseño que se han tenido en cuenta a la hora de realizar el diseño de la prótesis. Se analizaran sus pros y sus contras. Para ellos se ha dividido la prótesis en partes. Esta división en partes permite que el diseño sea más específico, es decir poder centrar el diseño a la función que cumple cada parte. Entre estas partes está el cuerpo, agarraderas, base, cilindro y el pie dinámico.

#### 4.2.1 Parte del Cono

La misión de esta parte es la de ajustarse a la extremidad del animal.

##### Diseño 1

En un principio se pensó en hacer los laterales del cono con el menor espesor y la menor superficie de cono posible.

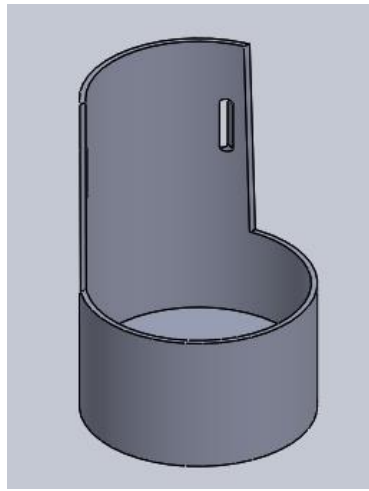


Figura 34. Diseño propio 1 del cono.

Como podemos ver en la figura 34 la superficie en contacto con la extremidad del perro es mínimo, esta opción proporciona una gran versatilidad a la hora de hacer una prótesis para una gran variedad de extremidades. Esto es debido a que la cinta se ajustaría a la extremidad del perro directamente. Se puede ver que el diseño de la base es circular esto permite abarcar una gran variedad de extremidades de pierna. Además esta opción proporciona la ventaja, que es el ahorro de material a la hora de imprimirlo. Esto es debido a que tiene menos superficie que el resto de diseños propios que se exponen.

##### Diseño 2

Otra alternativa que surgió con un estilo similar a la anterior pero siendo más específico para las características del perro objetivo. Esto es debido a que el diseño propio 2 tiene las medidas específicas de la extremidad del animal, con un margen de 0,5 cm que le da comodidad al animal, expuestas previamente. Con este diseño la prótesis se adaptaría a la extremidad del perro mediante una cinta de velcro.



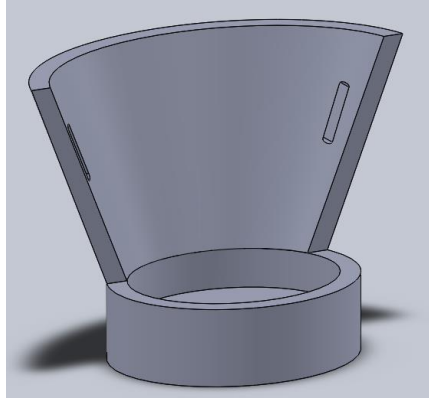


Figura 35. Diseño propio 2 del cono

### Diseño 3

Otra opción con la cual se trabajó es un diseño de un cono completo con un agujero como podemos ver en la figura a continuación.

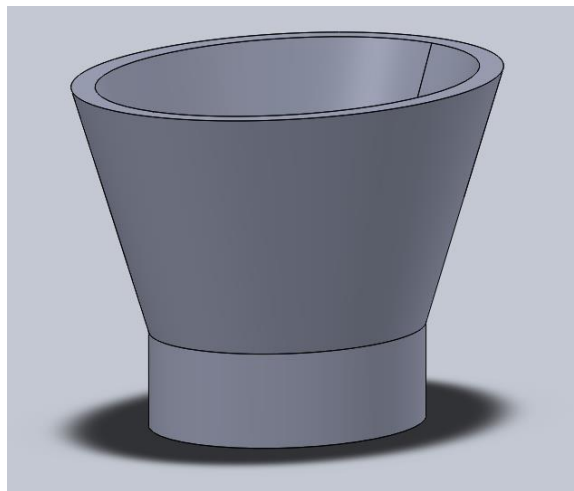


Figura 35. Diseño propio 3 del cono.

Tras el análisis de esta opción se consideró que presenta diferentes problemas. El primer problema que hay en este diseño es que no es tan ajustable como el resto ya que no se sujeta de ninguna forma. Además para el perro sería difícil mantenerla en la extremidad ya que al no haber nada que la sujete al final terminaría perdiendo la prótesis. Otro de sus problemas es que al ser un cono completo se tendría que gastar más material a la hora de imprimirlo con respecto de los otros diseños, es decir es más caro.

### Diseño 4



En esta se diseña de forma que tenga dos laterales unidos mediante una correa. Con esta forma se consigue un mejor ajuste a la extremidad del animal. Este diseño se basa en las medidas que se han expuesto antes.

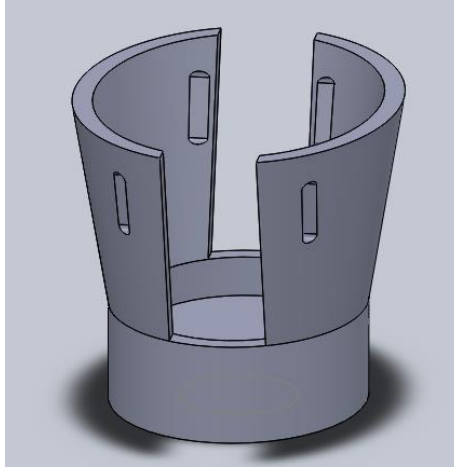


Figura 36. Diseño propio 4 del cono.

#### 4.2.2. Parte del cuerpo

Una vez presentadas las partes del cono, ahora se expondrán las diferentes ideas para el diseño del cuerpo de la prótesis. Para el diseño de la parte del cuerpo se consideraron diversas formas.

##### Diseño 1

A continuación expone una serie de ideas para la parte del cuerpo. En la figura 36, se exponen un corte de la pieza por la mitad de la primera idea. Esta idea consta de dos partes la primera parte deberá imprimirse con la parte del cono. En la parte más baja de la parte 1, señalada así en el dibujo, tendrá una rosca adecuado para encajar con la parte 2. La segunda parte tenemos un vástago, esta parte se imprimiría de forma independiente a el cono. Se puede apreciar que la parte que une la base del cono con el vástago tiene forma cónica. Para asegurar la posición de las dos piezas, una vez escogida la altura adecuada, se pondrá en la parte de arriba del vástago una "palomita" ajustándola hasta la parte 1. Con este diseño se tiene la ventaja de que se puede ajustar la altura de forma rápida y segura para el animal. Cuando analizamos la pieza se consideró que esta pieza podría ser un poco endeble o fácil de romper.



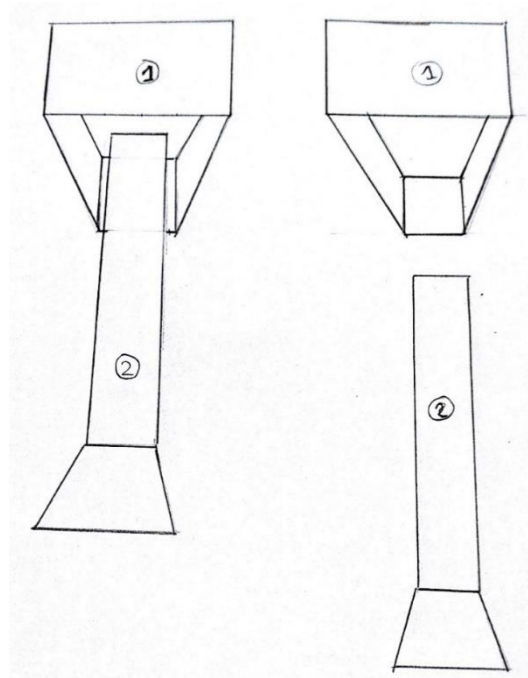


Figura 37. Diseño propio del cuerpo 1

Como se ha expuesto, la parte baja del cono tiene forma conica. Se considero que esta forma tenia la desventaja de ser mas propensa a la rotura. Por ello se penso en una variante para mejorar esa parte. Para ello se penso en la siguiente variante del diseño, Figura 37.

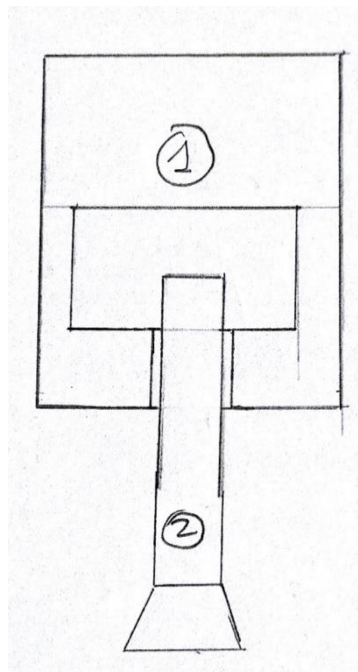


Figura 38. Diseño propio del cuerpo 2



## Diseño 2

Con la figura 8 se expone una segunda idea. Como la primera idea, Figura 6 será un corte por la mitad de la pieza. Para esta idea se pensó en que de la base del cono saliera un cilindro hueco. El hueco que tendríamos en el cilindro estaría roscado. Esta sería la pieza 1 de la figura 8. Por otro lado tendríamos un vástago roscado por la parte externa. Con esta rosca podría ascender por el hueco del cilindro de la parte 1, y así poder ajustar la altura de nuevo de una forma rápida y fácil. En este diseño no se necesitaría ninguna “palomita” para asegurar la parte 1 con la 2. Algo que se considera muy importante a la hora del diseño de roscas es que debemos considerar un espacio entre la rosca del cuerpo y la rosca del vástago, para este tipo de roscas valdría con un par de décimas de separación.

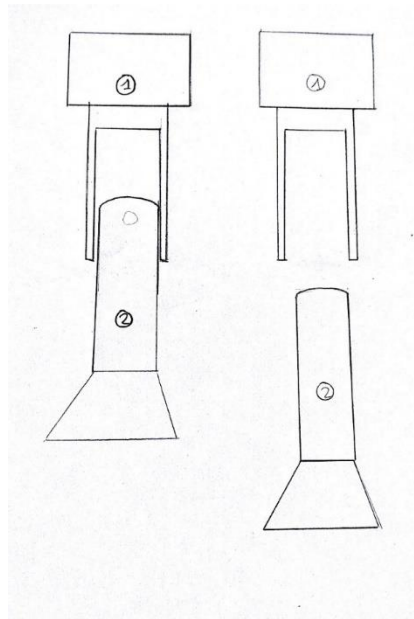


Figura 39. Diseño propio cuerpo 3

### 4.2.3. Pie de la prótesis:

El pie de la prótesis es la parte más importante, pues es la que está en contacto con el suelo y por lo tanto una de las partes que más desgaste va a tener. Esta parte puede variar mucho su forma y material, puede ir desde un taco de goma hasta los más modernos pies dinámicos iguales a los que usó Oscar Pistorius en las olimpiadas de Londres 2012. Por lo general suelen estar hechos de un material, como la goma, que absorbe parte del golpe entre la prótesis y la extremidad. Aquí se expondrán los diferentes pies de prótesis que se han encontrado en el mercado de humanos así como del mercado animal, esto nos puede servir para coger ideas que podamos plasmar en el diseño.

### Diseño de pie:

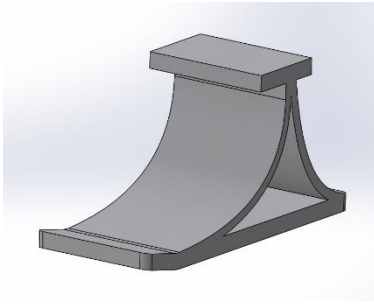


Figura 44. Diseño 1

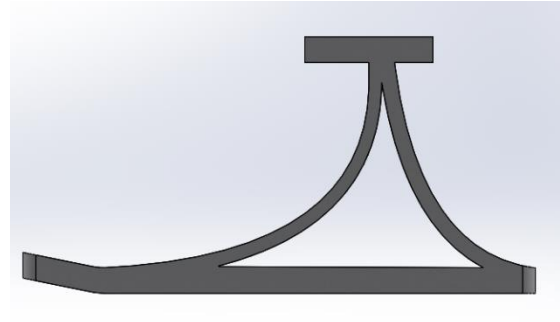


Figura 45. Diseño 1 vista lateral

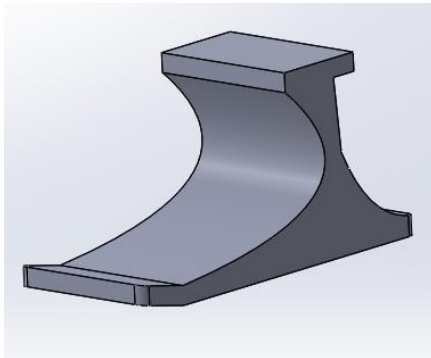


Figura 46. Diseño 2

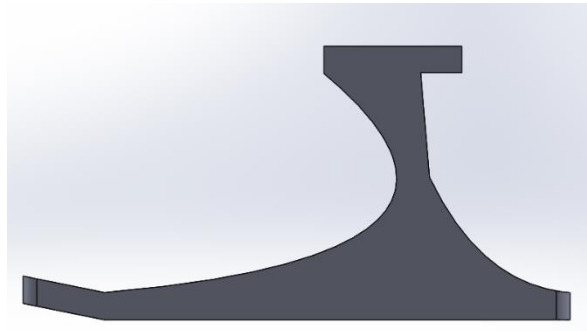


Figura 47. Diseño 2 vista lateral

Estos diseños son diseños de pies estáticos es decir no absorben energía.

#### 4.2.4. Abrazaderas:

Es la parte de la prótesis que permite agarrar la extremidad a la prótesis. En el mercado encontramos una gran variedad de ideas y opciones. Entre ellas cabe destacar las siguientes:

- Anillos solidos: permite un ajuste perfecto a la extremidad, aunque conlleva el inconveniente de que los materiales y la forma son muy agresivos para el animal.



Figura 52. Abrazadera del tipo anillos solidos

- Abrazaderas de cableado eléctrico: su ajuste, en el caso de los cables, no es muy bueno, aunque los materiales son menos agresivos.



Figura 53 abrazaderas del tipo cableado eléctrico.

- Bridas: nos permite un ajuste muy preciso y tiene posibilidad de hacerse con un material que no sea agresivo con el animal.



Figura 54. Brida de ajuste

Otro tipo de brida que nos puede dar ideas para el diseño del agarre. Sobre todo el sistema que lleva para evitar que se suelte.



Figura 55. Brida de ajuste

#### 4.2.5 Palos de trekking

Los palos de trekking son muy utilizados a nivel mundial por millones de aficionados al senderismo que buscan una forma confortable de apoyo. Estos palos de senderismo tienen la necesidad de adaptarse a las alturas de sus millones de usuarios. Esto es posible gracias a un buen diseño que combina resistencia a la flexión con un sistema de bloqueo que permite un ajuste rápido de la altura.

##### Sistema de bloqueo

La parte más importante que tienen los palos de trekking son los sistemas de bloqueo que tienen para mantener la altura constante. Existen varios mecanismos de bloqueo para los bastones de senderismo. Sirven para dejar anclados los tramos del cuerpo del bastón y dejarlo con la longitud que mejor se adapte a nuestra altura. Veremos las siguientes opciones. (<http://hacersenderismo.com/bastones-de-senderismo/>, s.f.)



Figura 56. Sistemas de bloqueo mecánico

### Sistema de palanca

Este tipo de bloqueo es similar al del sillín de las bicicletas. Se compone de una palanca exterior que ejerce presión sobre el tramo inferior que sale de dentro. Esta presión evita que la longitud del bastón varíe. La ventaja de este mecanismo es la facilidad a la hora de bloquear y desbloquear los tramos, sobre todo si tenemos las manos cansadas. La desventaja de este sistema es que están expuestos a posibles daños en caso de que se nos caiga el bastón o le demos un golpe. Este tipo de bloqueo es más fácil verlo en bastones de marcha nórdica.

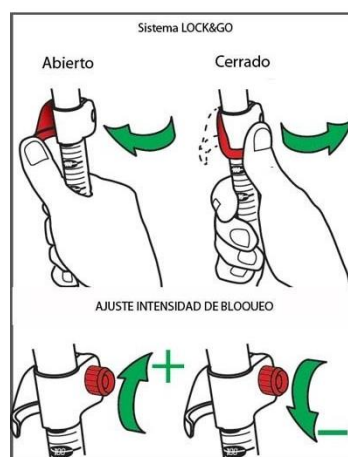


Figura 57. Sistema de bloqueo de palanca.

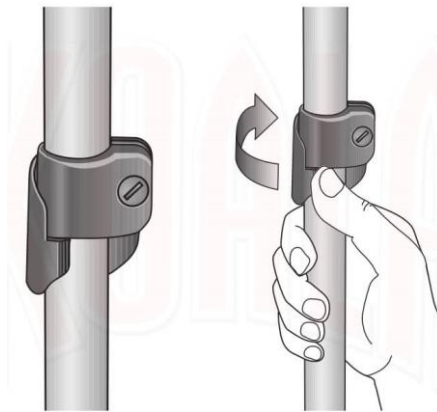


Figura 58. Sistema de bloqueo de palanca

### Sistema de torsion

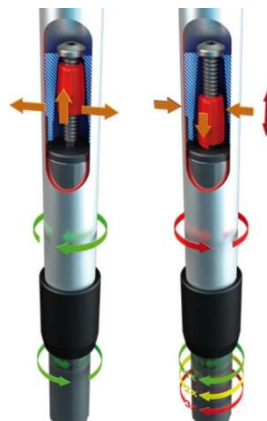


Figura 59. Sistema de bloqueo por torsión.

Este sistema por torsion constan de varios componentes.

Ahora se va a exponer esos componentes y despues se explicara el mecanismo.

Este mecanismo consta de un palo hueco (fig 60) ademas consta de otro palo el cual tiene una pieza en uno de sus extremos, este palo es mas estrecho que el palo hueco. (fig61)



Figura 60. Bastón hueco

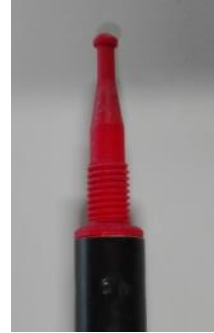


Figura 61. Bastón con el vástago.

Para acabar tenemos la pieza que “une” ambos palos. Esta pieza tiene un agujero roscado en su base además de dos ranuras en la parte superior que llegan hasta la mitad de la pieza. Dividiendo así la mitad de la pieza en cuatro partes.



Figura 62. Pieza



Figura 63 bastón y pieza de ajuste

### Como funciona:

Se pone la pieza de ajuste encima de la pieza del bastón macizo. Entonces este palo se introduce por el palo hueco hasta la altura, la pieza de ajuste resbala por el agujero interno del bastón, deseada entonces se gira el bastón macizo haciendo a la pieza subir por la pieza de ajuste, así debido a la forma de la pieza (figura62) va subiendo por la pieza de ajuste (fig. 60) y va separando las cuatro partes de la parte de arriba de la pieza de ajuste. Entonces la pieza de ajuste tiene mucho más contacto con el bastón hueco impidiendo así que se mueva.

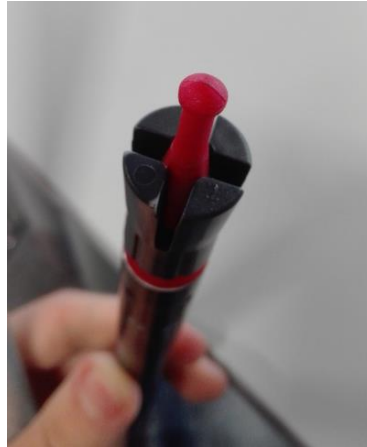


Figura 64. Bastón macizo con la pieza de su extremo.

### Mecanismo de resorte.

El más raro encontrar bastones de trekking con este tipo de bloqueo. Se suele encontrar más en bastones convencionales, muletas u otros objetos que dispongan de tramos plegables. El funcionamiento es muy sencillo: los tramos están unidos por una goma interior para mantenerlos juntos. Se inserta un tramo dentro de otro y se hace coincidir el pulsador del tramo inferior con el agujero del superior. Este tipo de bloqueo no es tan seguro como los anteriores y el ajuste de longitud de este tipo de bastones está más limitado que los anteriores. Como podemos ver en la figura 65, los palos de trekking se dividen en varias partes en las cuales se unen mediante resortes. Estos resortes podemos verlos en la pieza que esta cruzada vemos en la parte señalada con un círculo azul.



Figura 65. Palos de trekking de resorte



## 5. Diseño de la prótesis

En este apartado se va a exponer el diseño definitivo de la prótesis ortopédica así como de las decisiones que se han tomado a la hora de diseñar la prótesis. Para la realización de esta prótesis no hemos tenido un perro específico sino que hemos establecido unos parámetros base en los cuales nos hemos basado para hacer el diseño.

- Es un perro medio-grande
- La altura del perro esta entorno a los 60 cm de altura de cruz
- El peso del animal está en 30 kilos.
- El animal posee un muñón de mínimo 5 cm

Durante este proyecto se ha realizado una prótesis ortopédica que se puede imprimir en 3 dimensiones y que consta de un cuerpo o encaje, una agarradera, un pieza de ajuste y o regulación y un pie dinámico. Para este trabajo se ha utilizado Solid Works, un programa de diseño en 3 dimensiones. Todos los planos están en el anexo 1.

### 5.1 Diseño del cuerpo o encaje

El diseño del cuerpo o encaje está basado en las especificaciones generales que tiene una extremidad de animal de tamaño medio-grande de unos 60 cm de altura de cruz. Como ya se ha expuesto en este trabajo los perros de tamaño medio-grande, su extremidad, tienen forma de elipse en la zona proximal y distal. Por ello cogimos las medidas, de los dos radios, que determinan la elipse. Con estos datos se ha realizado el diseño de la figura 66.

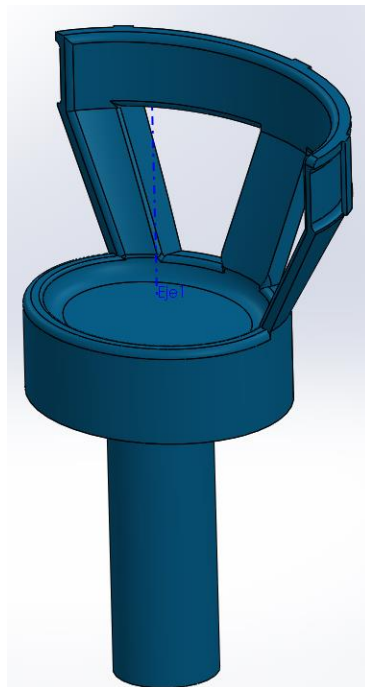


Figura 66 diseño del cuerpo

Desde el principio se diseñó el cono con las medidas de la zona distal y proximal. Se le añadió a esas medidas medio centímetro de holgura de seguridad. Esta holgura permite al animal colocarse mejor la prótesis. Además permite la posibilidad de poner una almohadilla para una mejor comodidad del animal. Con ese mismo fin se han redondeado todas las aristas que pueden estar en contacto con la extremidad del animal. Esta parte, el cono, sería la que variaríamos si quisiéramos hacer una prótesis más específica para un perro determinado, aunque tendríamos que tomar de nuevo las medidas a dicho perro.

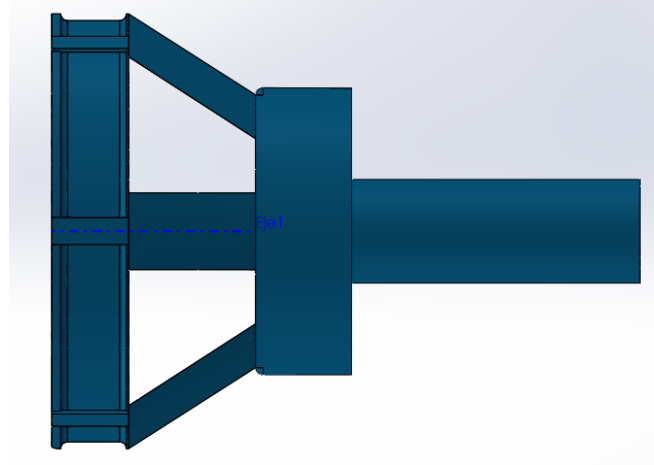


Figura 67 vista transversal del cuerpo de la prótesis

Como podemos ver en la parte izquierda de la imagen 67, que serías la parte más próxima al cuerpo del perro, tenemos una guía. Esta guía será por donde vaya la cinta de velcro que ajustara el cuerpo de la prótesis con la parte de agarre. De esta parte de la guía salen 3 extrusiones. Se consideran suficientes para aguantar el peso y con la cantidad de material adecuada para no tener desperdiciar material. La parte media y derecha de la figura 67 consta de una base y una extrusión cilíndrica de 7,5 centímetros. En un principio se consideró hacerlo en dos partes separadas y juntarlas con cuatro tornillos. El problema de juntar la base con el cilindro era que teníamos que añadirle al cilindro otra base donde poner los tornillos lo cual implicaba más material así que se desechó la idea. Este cilindro que vemos en la figura 67 tiene un radio de 13,5 milímetros y esta vaciado por dentro, esta vaciado tiene un radio de 9,5 milímetros. Estas medidas se pueden ver en planos de las piezas expuestos en los anexos.

## 5.2 Diseño del agarre

La pieza de agarre junto con el cuerpo forma la parte de la prótesis que está directamente en contacto con la extremidad anterior del animal. Por esta pieza tiene que pasar la cinta de velcro que hará que se ajusten ambas partes a la extremidad.



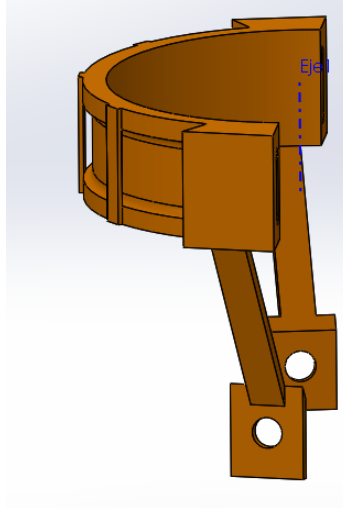


Figura 68 Pieza de agarre

En la figura 68 se puede apreciar la pieza de agarre, esta pieza consta de dos partes. La primera parte, la que está situada arriba de la pieza, es una extrusión con forma de semi-elipse, esta parte permite el ajuste a la extremidad. A partir de ahora la llamaremos la parte de ajuste a la extremidad.

Se puede apreciar que esta parte tiene una gran similitud con la pieza del cuerpo. Ambas partes están diseñadas para que se pueda pasar por ellas una cinta de velcro. Con esta cinta de velcro conseguiríamos el ajuste a la extremidad anterior. Este ajuste es muy importante para que la extremidad y la prótesis funcionen como uno. Evitando problemas para el animal tales como el continuo golpeo del muñón con la base del cuerpo o que se le pueda salir la prótesis al animal.

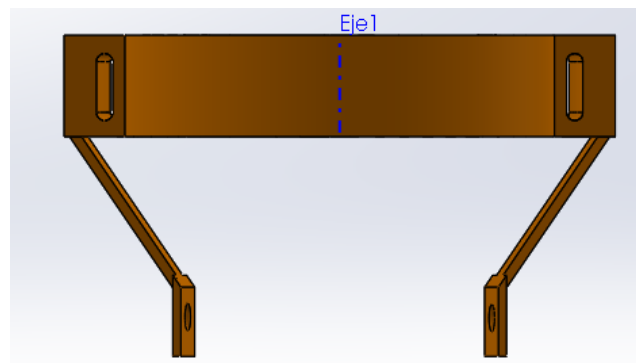


Figura 69. Pieza agarre vista frontal

En la figura 69 podemos observar las ranuras que tiene en la parte de ajuste a la extremidad estas ranuras son el comienzo y el final de la guía por la que irá la cinta de velcro que como ya hemos mencionado ajustará ambas partes. En las zonas del comienzo de la guía, laterales de la pieza, se ha añadido más material como vemos en la figura 69.

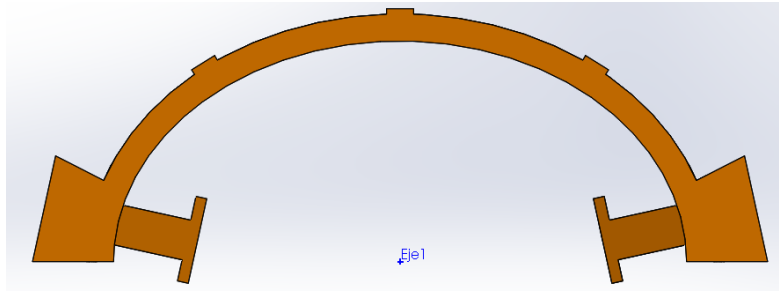


Figura 70. Pieza de agarre vista de planta.

Estas zonas donde hay mas material nos ayudara a fortalecer la parte donde se junta las dos partes de la pieza, la parte de ajuste a la extremidad y la parte que conecta con el cuerpo. Ademas nos permite que la cinta de velcro no se salga de la guia.

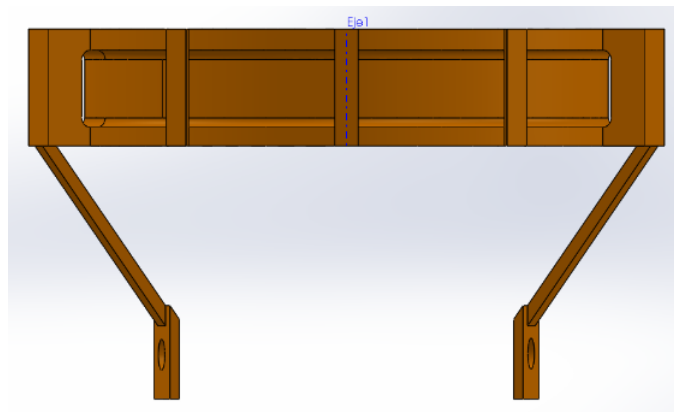


Figura 71. Pieza de agarre, vista trasera

Con esa finalidad se ha añadido material en el borde externo de la curva, y junta la parte más alta y la baja cruzando la parte de la guía de arriba abajo como se puede observar en la figura 71. Este material queda externo a la curva, en un principio se pensó que estuviera incorporado en la curva pero se dejaba muy poco espacio para el paso de la cinta de velcro. También se pensó incorporar en la curva el material y reducir la cantidad de material que ponemos pero se estas partes se volverían muy frágiles.

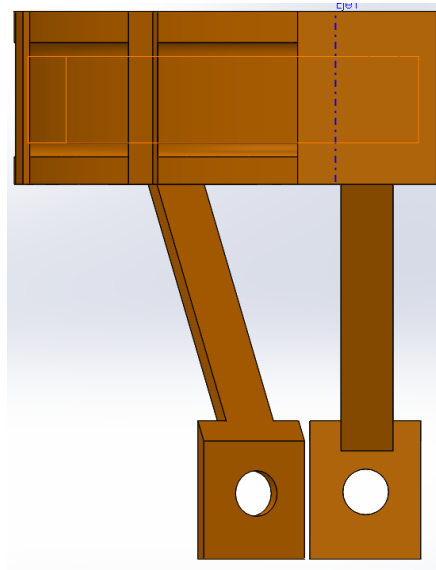


Figura 72. Pieza de agarre, vista lateral.

En la figura 73 vemos la pieza de agarre mediante una vista lateral. En esta vista podemos ver la la segunda parte de la pieza. Esta parte conecta la parte de ajuste a la extremidad con el cuerpo de la prótesis. En esta segunda parte podemos observar una placa con un agujero roscado, para ello lo hemos hecho con la opción de asistente de taladrado y le hemos puesto una rosca de tipo ISO M6 con márgenes para tornillo. Además tenemos una extrusión de material que junta la placa con la parte de ajuste a la extremidad.

### 5.3 Sistema de ajuste de altura

El sistema de ajuste de altura está basado en el sistema de ajuste de altura de los palos de trekking. Este sistema es una forma de regulación por torsión. En este tipo de ajuste de altura tenemos varias partes:

- Cuerpo: esta parte de la prótesis tiene un cilindro en la parte inferior por el cual correrá la otra parte que nos permitirá el ajuste de altura.
- Pie dinámico: de la parte del pie dinámico vamos a analizar la parte de arriba de la pieza. Lo que es la parte de debajo de la pieza, en si el pie dinámico, lo analizaremos en el siguiente apartado.

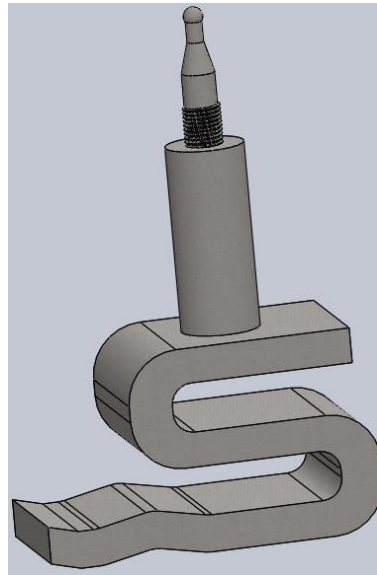


Figura 73 pie dinámico

El cilindro que vemos en la figura 73 tiene un radio de 9,5 de esta forma nos aseguramos que la pieza pueda correr por dentro del cilindro que tiene el cuerpo. La diferencia entre ambos es de 2 milímetros lo suficiente como para que pueda subir y bajar sin oponer resistencia y además lo suficientemente pequeña como para que a la hora de ajustar la pieza no tengas que dar 50 vueltas. Observamos una rosca en la siguiente imagen la veremos mejor.

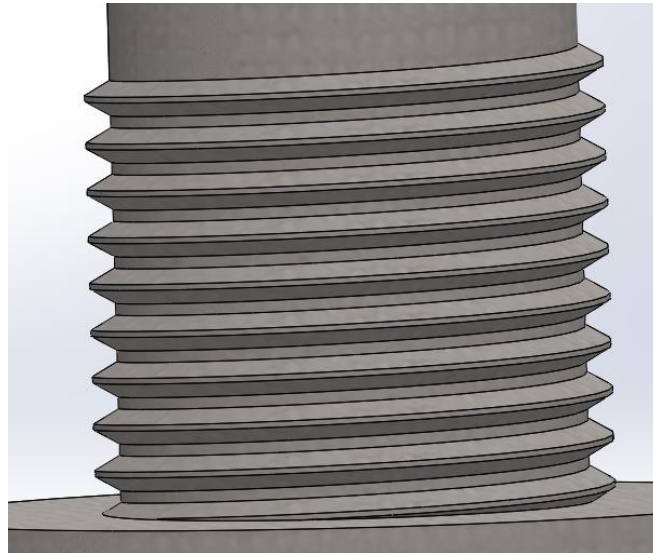


Figura 74 rosca del pie dinámico

Esta rosca es la que permite, una vez elegida la altura adecuada, bloquear las dos partes de tal modo que queden unidas. Las características de esta rosca son las siguientes, tiene una longitud de 10 mm de altura. Su métrica es un M10x1. Todas las medidas están en los planos de los anexos.

Por último podemos ver las últimas en la parte más arriba como disminuye el radio. Lo vemos en la siguiente imagen. Esta parte está hecha así para que cuando giremos, para

ajustarla altura, empuje a la pieza de ajuste y esta a su vez empuje al cuerpo de la prótesis y así queda todo unido. La esfera en la parte de arriba impide que la pieza de ajuste se salga en el momento de aflojar la rosca.

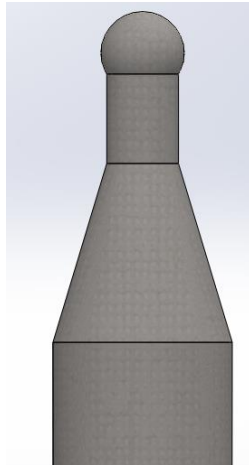


Figura 74 parte alta del pie dinámico

#### 5.4 Pie dinámico:

En este apartado se va a centrar específicamente en el diseño del pie dinámico. Lo primero.

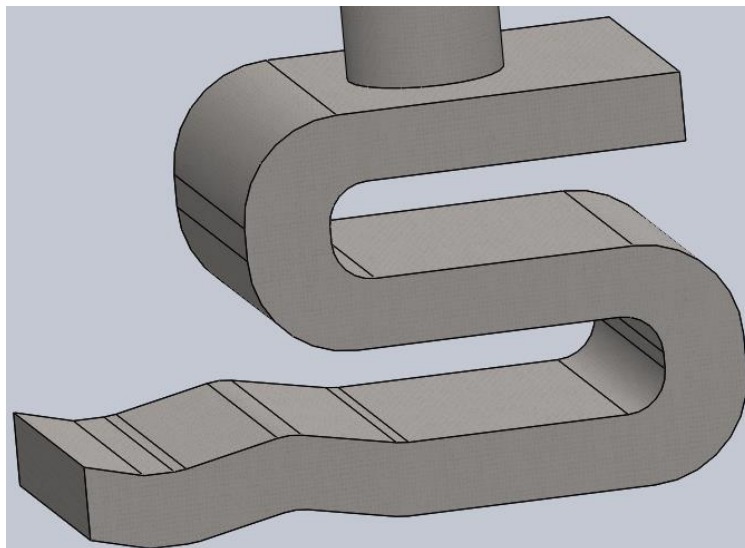


Figura 75. Pie dinámico de la prótesis.

La característica forma que tiene el pie dinámico es idéntico a la parte interna de un pie sach. El pie sach es una prótesis de pie que consta de un pie dinámico y una carcasa externa con forma de pie. Esto combina lo mejor de cada pie y proporciona la estabilidad de un pie estático. Como vemos en la figura 75 la forma del pies es muy parecida a una "S" esta forma permite absorber energía en el momento del impacto y la devuelve en el

momento que remiten las fuerzas. Además en la figura 75 podemos ver, en la zona que está en contacto con el suelo, un forma abombada. Esta parte es un límite a la deformación del pie. De tal forma que no se deformara más que ese límite. Al final de esa zona vemos como el material se levanta 15º de tal forma que pueda superar obstáculos pequeños. Esta inclinación ayuda también a la hora de andar al perro. Cuando la fuerza remite el contacto de la suela con el suelo va disminuyendo y lo hará desde la parte trasera hasta la delantera es decir será la última zona en contacto con el suelo. Cuando la fuerza remita y el pie dinámico devuelva esa energía entonces toda esa franja estará en contacto con el suelo lo que permitirá un mejor agarre.

## 5.5 Materiales

Una vez acabado el diseño de la prótesis se procede a la elección de materiales a partir de las cuales se crearan las piezas en caso de que se imprima en un futuro. Los materiales con los que se puede imprimir en 3D forman un gran abanico de posibilidades pudiendo escoger un material para cada parte de la prótesis si así se quisiera. Este abanico va desde materiales de origen plástico hasta materiales metálicos. Para esta prótesis vamos a hablar de varios materiales de los cuales buscaremos sus propiedades metálicas y escogeremos los más adecuados a cada parte. Los materiales se han definido en función de sus características mecánicas, de densidad, su coste económico y sus propiedades térmicas.

### ABS

El Acrilonitrilo Butadieno Estireno o ABS es un plástico muy resistente al impacto, utilizado especialmente en la industria de la automoción pero en ocasiones también en la doméstica. El ABS es un polímero compuesto por tres bloques, Acrilonitrilo, butadieno y estireno por lo que se le denomina terpolímero. Cada uno de los tres bloques aporta características distintas. El acrolonitrilo rigidez, resistencia a ataques químicos, dureza y estabilidad a las altas temperaturas. El butadieno, tenacidad a la temperatura cuando ésta es especialmente baja y resistencia a impacto; y el estireno, resistencia mecánica, rigidez, brillo, dureza. Este material es especialmente resistente a temperaturas extremas especialmente a temperaturas muy frías. Por ultimo este material tiene una baja absorción de agua y una resistencia alta a la abrasión.

Tabla 3 datos de ABS

propiedades	datos	unidad
módulo elástico	2.4	GPA
Coeficiente de Poison	0,387	N/D
Modulo Cortante	862200000	N/m2
Densidad	1.09	g/cm3
límite de tracción	40000000	Mpa
conductividad térmica	0,2618	W/(m*K)
calor específico	1900	J/(kg*K)

Fuente Solid Works 2016





## Poliamida de precisión PA2200

Poliamida de precisión PA2200 como material de fabricación 3D posee una dureza excelente, capacidad de elongación, resistencia química, excelente resistencia al quiebre y a la fatiga. Este nuevo material de impresión 3D abre nuevas posibilidades para geometrías y aplicaciones que pueden soportar fácilmente la tensión, flexión y las vibraciones repetitivas, su campo de aplicación es amplio, desde la empresa automotriz y aeroespacial hasta aparatos electrodomésticos.

Tabla 4 propiedades PLA

propiedades	datos	unidad
módulo elástico	$1.5 \times 10^9$	N/m <sup>2</sup>
Coeficiente de Poison	0,28	N/D
Modulo Cortante	3200000000	N/m <sup>2</sup>
Densidad	0.930	g/cm <sup>3</sup>
límite de tracción	47	Mpa
conductividad térmica	0,53	W/(m*K)
calor específico	1500	J/(kg*K)

Fuente Solid Works 2016

## Decisión de material:

Para la evaluación del material para la prótesis se va a realizar un estudio de la prótesis, en el cual se tiene en cuenta diversas variables. Para ello vamos a escribir una serie de necesidades que el material debe cumplir el material.

1. Tiene que aguantar el peso del animal.
2. Coste económico.
3. Facilidad a la hora de impresión.
4. Precisión

En un principio la condición 1 los dos materiales sería aceptables debido a que las fuerzas aplicadas que van a soportar dichos materiales no superan su límite elástico.

Un apartado con mucho peso en este trabajo es un coste lo más económico posible, ahora se analizará los materiales por su precio económico. Como se verá en el apartado de presupuestos el precio del ABS es de 0,9 euros/cm<sup>3</sup> frente a un 1,7 euros/cm<sup>3</sup> por lo que en el ámbito económico escogeríamos el ABS. Por último se analizará la posibilidad de impresión de los materiales. El ABS es posible imprimir en prácticamente todas las impresoras 3D pero la poliamida solo es imprimible en impresoras que utilizan el método de impresión estereolitografía que utiliza la casa EOS. Por lo tanto por facilidad de impresión se elige el uso del ABS. Por último se va a analizar la precisión de ambos materiales a la hora de ser imprimidos. El ABS es más impreciso que la poliamida.

Entonces para la realización de este proyecto se ha escogido el ABS para abaratar costes y tener un rango, de posibilidad de impresión, más grande. Esta decisión no es



eliminatória sino que se deja la puerta abierta a la poliamida en caso de que alguien prefiera tener más precisión en la prótesis.

## 6. Elementos finitos

Se va a analizar una serie de situaciones que se darán a la hora de andar. Para cada situación se analizan las tensiones y sus desplazamientos. Para ello tendremos que realizar un mallado y poner adecuadamente las fuerzas y sujeciones. Cuando un perro camina echa el 40% del peso en las extremidades traseras y un 60 % en las patas delanteras. Es decir de los 30 kilos, peso máximo del perro que la use, 12 kilos irán a las extremidades delanteras y 18 kilos irán a las extremidades traseras. Pese a esto para el desarrollo de este apartado se va a analizar la prótesis con un peso total de 33 kilos, es decir le ponemos un 10% de margen. Por lo tanto la fuerza que se aplica a la pata es de 323,8 N. (rodriguez)

Para la prótesis se ha hecho una serie de análisis aunque aquí se exponen algunos y otros están expuestos en anexos.

Se han hecho los siguientes estudios:

- Estudio de pisada: para el cuerpo pie dinámico y pieza de agarre.
- Estudio de paso: para el pie dinámico.
- Estudio de peso del perro: pie dinámico.
- Estudio de fatiga: pie dinámico (anexos).
- Estudio de temperatura: pie dinámico a -10C y a 40 C (anexos).
- Estudio de pandeo: pie dinámico (anexo).
- Estudio de rediseño: cuerpo.



## 1. Análisis de la pisada.

### Cuerpo.

#### a) Fuerzas y sujeciones

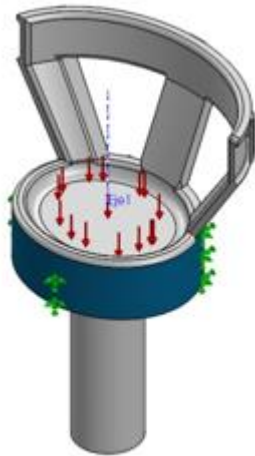


Figura 76. Fuerzas y sujeciones del cuerpo

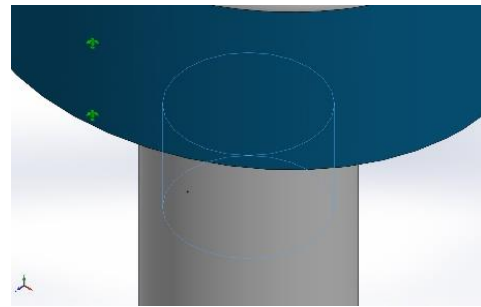


Figura 77 Fuerza en el interior del tubo

#### b) Tensiones

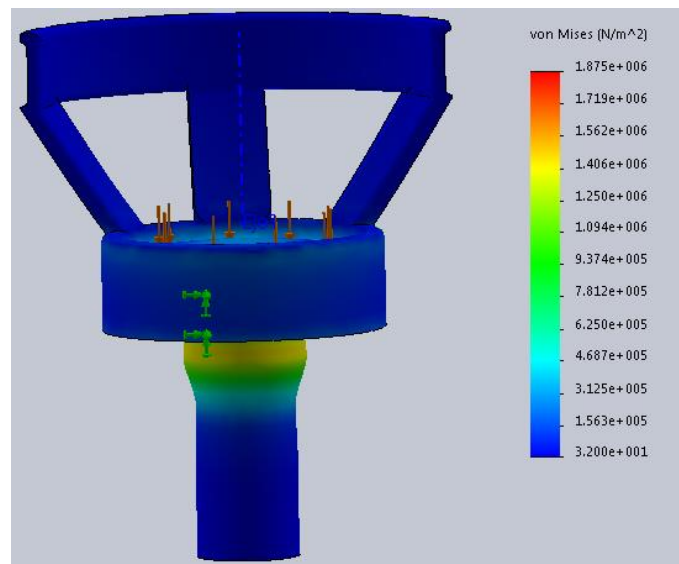


Figura 78 análisis de tensiones

## c) Desplazamientos

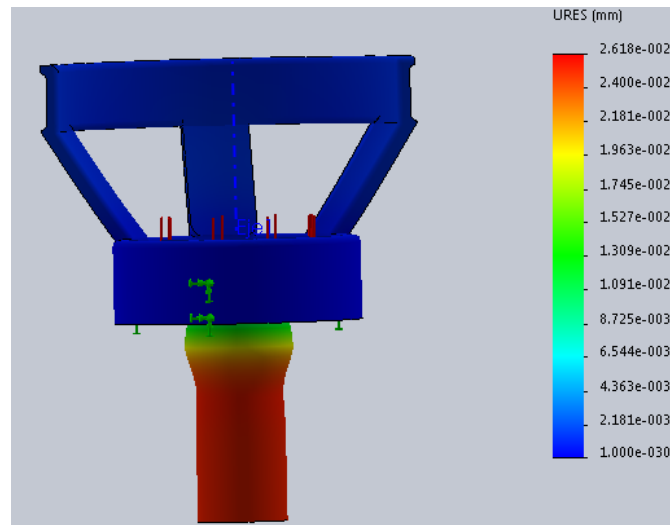


Figura 79 análisis de desplazamientos

## d) Deformación unitaria.

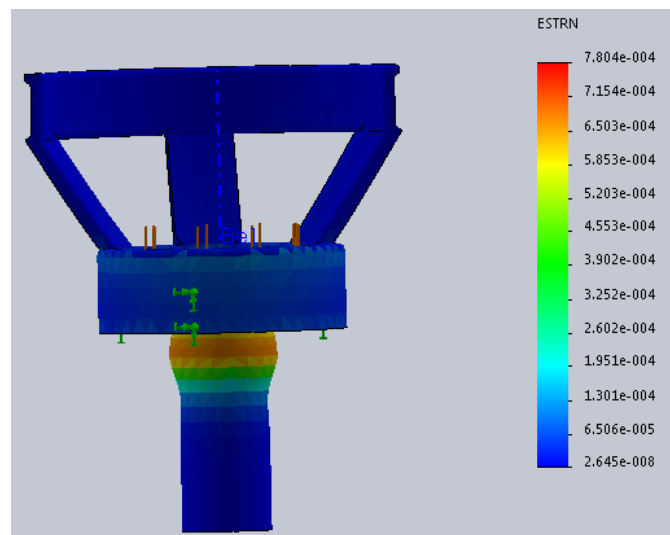


Figura 80 Deformación unitaria

Pie dinámico:



a) Fuerzas y mallado

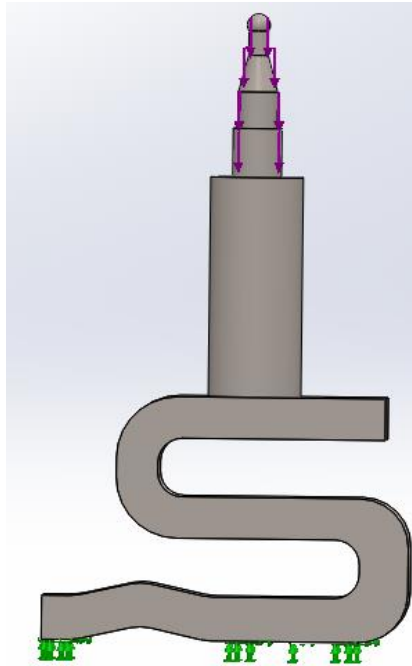


Figura 81 fuerzas del pie dinámico

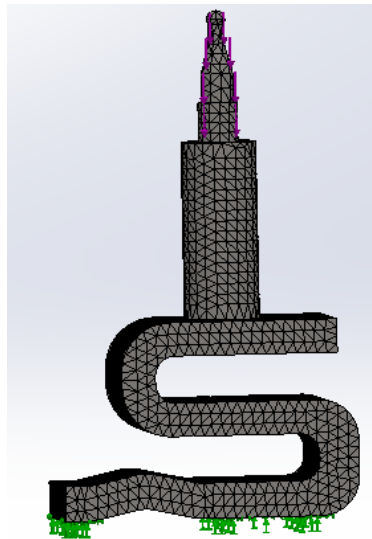


Figura 82 mallado de la pieza

## b) Tensiones

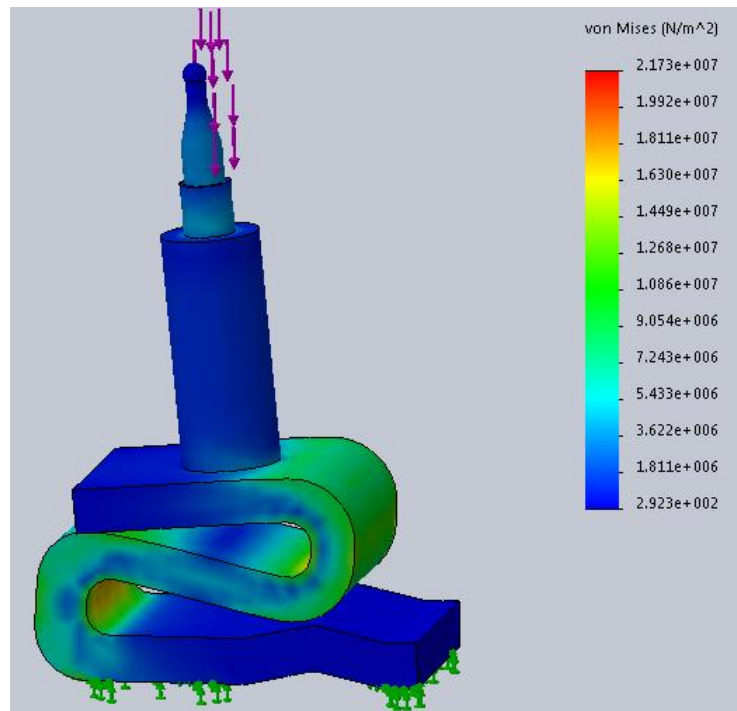


Figura 81 análisis de tensiones

## c) Desplazamiento

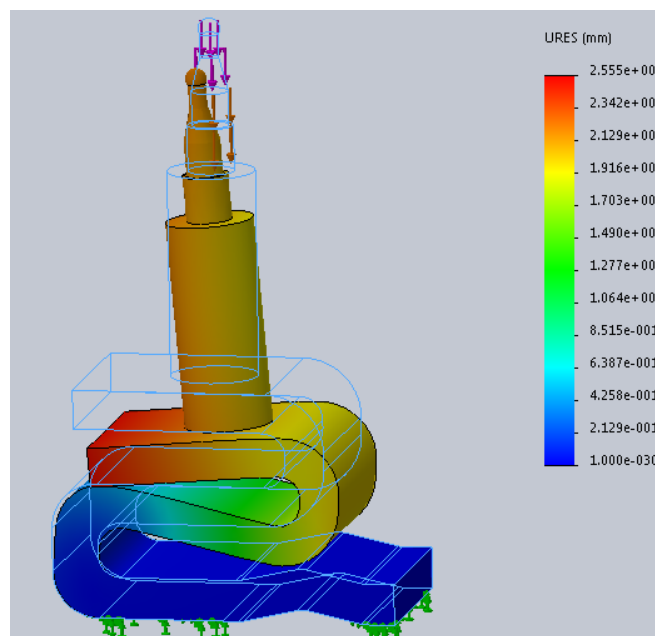


Figura 82 desplazamientos

#### d) Desplazamiento unitario

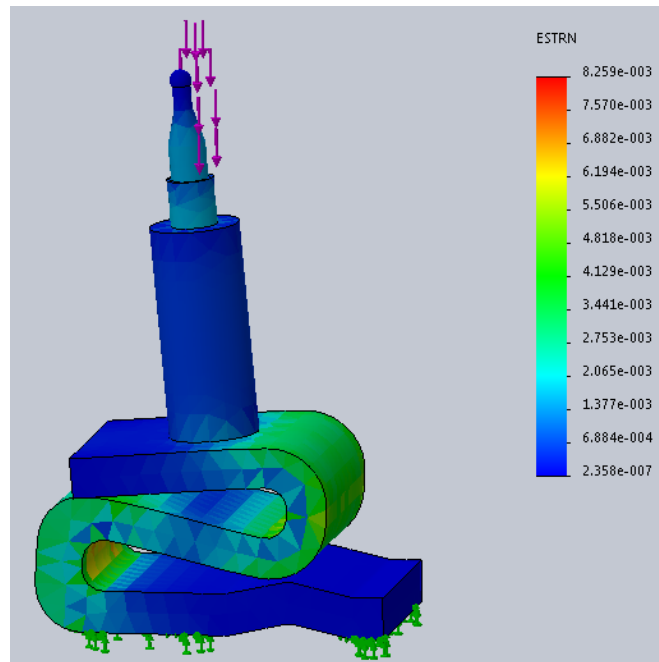


Figura 83 desplazamiento unitario

#### Pieza de agarre

##### a) Fuerzas y mallado

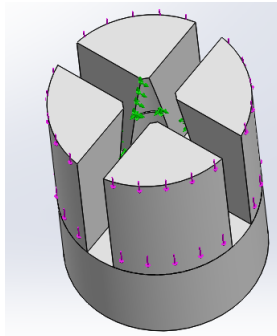


Figura 84 fuerzas y sujeciones

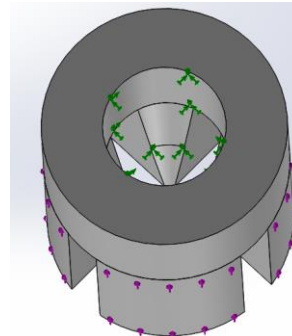


Figura 85 sujeciones de la base



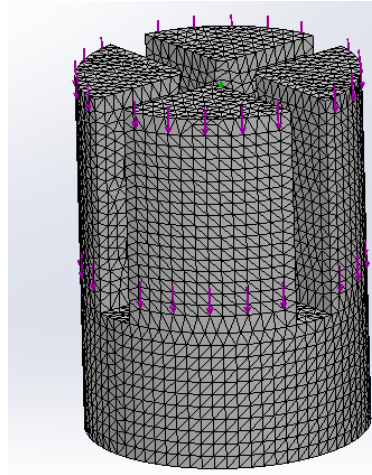


Figura 84 piezas de agarre

### b) Tensiones

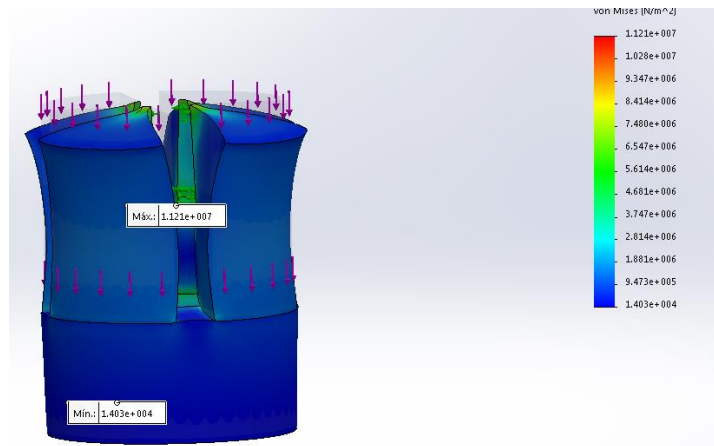


Figura 85 tensiones de von misses

### c) Desplazamientos

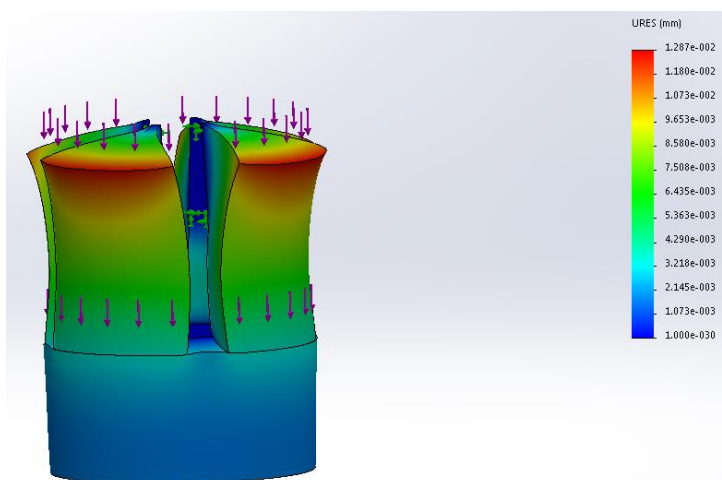


Figura 86 desplazamientos

## d) Desplazamiento unitario

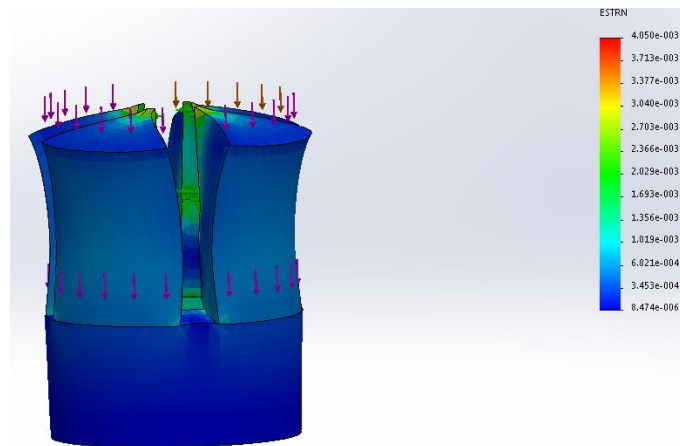


Figura 87 desplazamiento unitario

## Resultados pisada

Tabla 5 resultados de los elementos finitos

Resultados (Max)	Von Misses	Desplazamientos estático	Desplazamientos unitario
cuerpo	1.911E+003N/m <sup>2</sup>	1.667E-005mm	7,79E-04
pieza agarre	1.150E+007N/m <sup>2</sup>	1.287E-002mm	4,05E-3
pie dinámico	1.217E+007N/m <sup>2</sup>	1.701E+0mm	4,62E-03

En cuanto a las tensiones de von misses la máxima tensión es de 12.17 MPA muy por debajo de su límite elástico 2000 MPA. El desplazamiento máximo es de 1,7 milímetros este resultado sería en el peor de los resultados que sería un peso de 33 kilos.

## 2. Paso

## a) Sujeción fuerzas y mallado



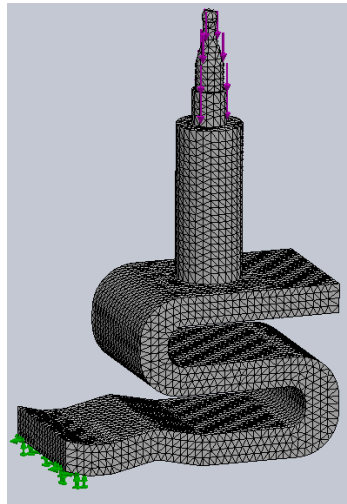


Figura 88 fuerzas, sujeciones y mallado

## b) Tensiones

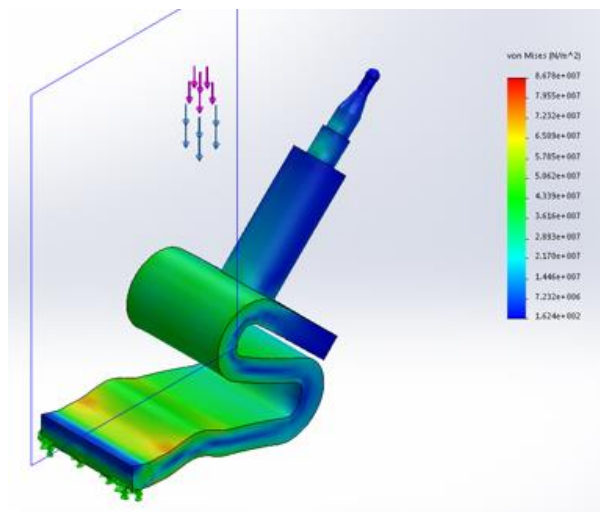


Figura 89 tensiones de von misses

La tensión Max es  $8.678e+007 \text{ N/m}^2$

## c) Desplazamientos

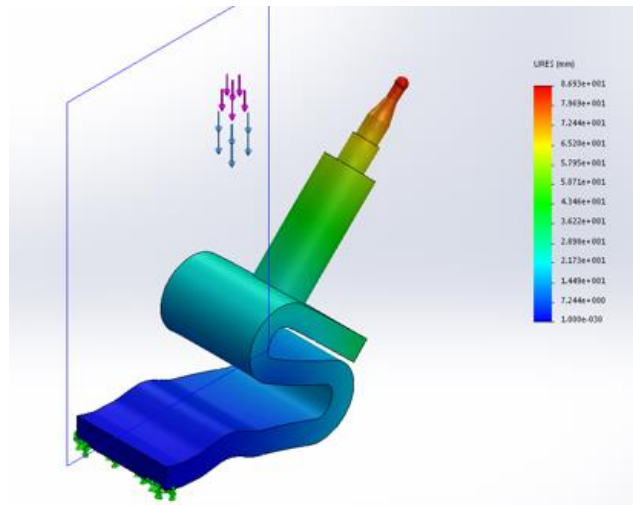


Figura 90 desplazamientos

El desplazamiento sería  $8.693e+00\text{mm}$

## d) Desplazamientos unitarios

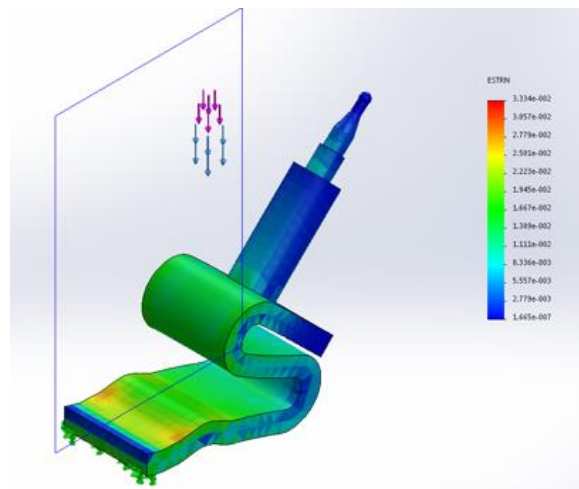


Figura 91 desplazamientos unitarios

Desplazamiento unitario  $3.334e-002\text{mm}$

## Análisis de resultados

En cuanto a las tensiones de von misses la máxima tensión es de  $8.67e7$  muy por debajo de su límite elástico 2000 MPA. El desplazamiento máximo es de 8 milímetros este resultado sería en el peor de los resultados que sería un peso de 33 kilos. Hay que tener en cuenta que en el momento que está calculado la fuerza está remitiendo. Es decir cuando la pisada está levantando y solo la parte inclinada está tocando. Es el último momento de la pisada. Por lo que la fuerza nunca será la máxima.

### 3. Peso del perro

Fuerzas sujecciones y mallado

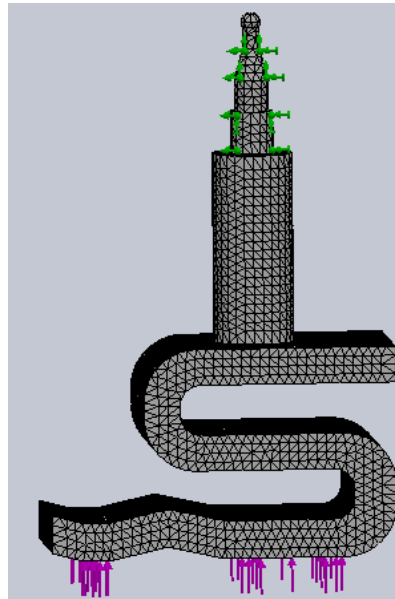


Figura 92 fuerzas sujeción y mallado

### Tensiones

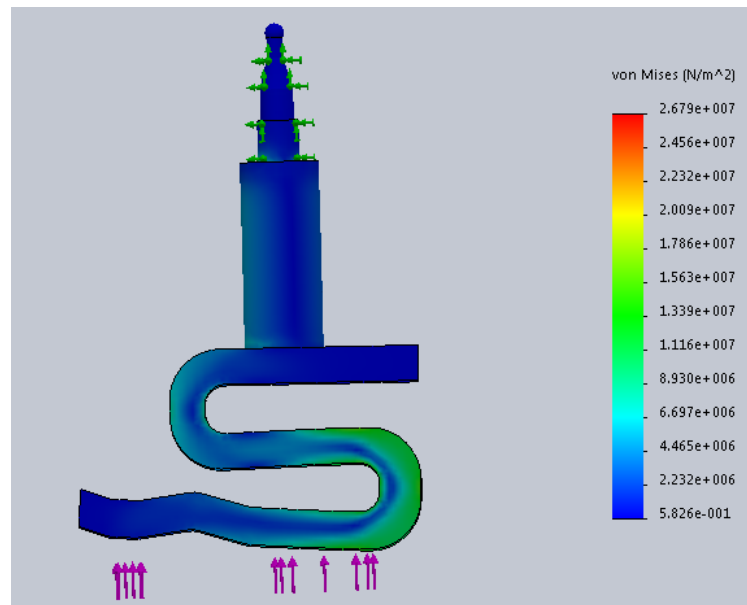


Figura 93 Tensiones de von misses

### Deformaciones



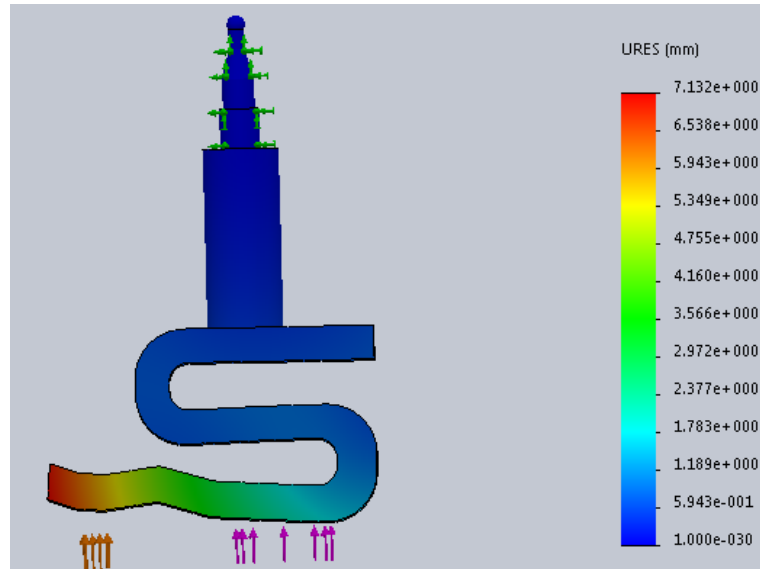


Figura 94 deformaciones

### Deformacion unitaria

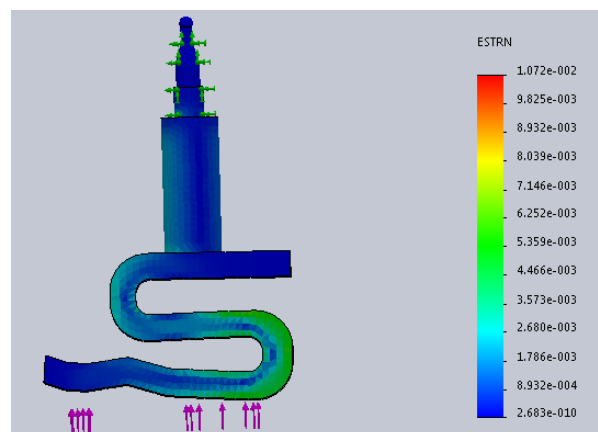


Figura 95 deformación equivalente

## 7. Rediseño

Tras el diseño de la prótesis y su posterior análisis de elementos finitos se piensa un posible rediseño. Aunque todas las piezas han superado el análisis de elementos finitos se cree que hay alguna pieza con posibilidad de mejora. En concreto se piensa en una mejora en la pieza del cuerpo. El sistema de ajuste de altura se cree que es el adecuado por lo que el cilindro hueco del cuerpo se mantendrá en el rediseño. Lo que si variaremos será la parte que se encarga del agarre de la prótesis a la extremidad del animal. El rediseño sería el siguiente.

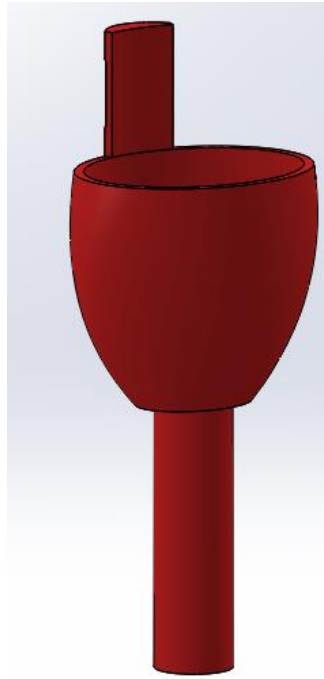


Figura 96 rediseño del cuerpo.

Como ya se ha dicho antes este rediseño conservaría la parte el cilindro de la parte de abajo. Ahora se analizará la parte del agarre de la extremidad del animal. Este diseño proporcionaría más estabilidad al muñón del animal. También conllevaría un coste mayor debido al mayor uso de material. Por ultimo analizaremos la parte donde iría la cinta de velcro que ajustaría la prótesis a la extremidad. Esta parte llevaría una extrusión de forma ovalada.

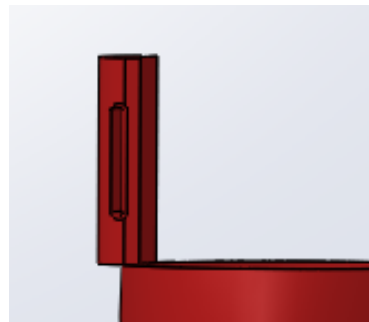


Figura 97 rediseño de agarre con la extremidad

Lleva una ranura del mismo tamaño de que en el diseño anterior por lo que solo variara el cuerpo, no hace falta que cambiar la forma de agarre con la extremidad. Este rediseño sería más seguro con la extremidad debido a que tiene más superficie y la fuerza se distribuye que soportaría sería menor. Este rediseño tiene las mismas características que el anterior cuerpo, es decir con las mismas medidas en las elipses mencionadas antes. Aunque en esta parte del trabajo hagamos un análisis de elementos finitos determinado en los anexos hay más ensayos a este rediseño.





## 1. Elementos finitos

### Mallado

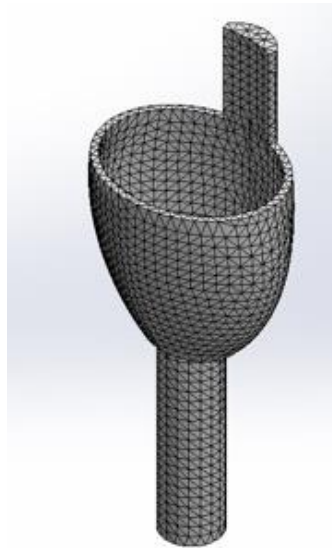


Figura 98 mallada

### Tensiones

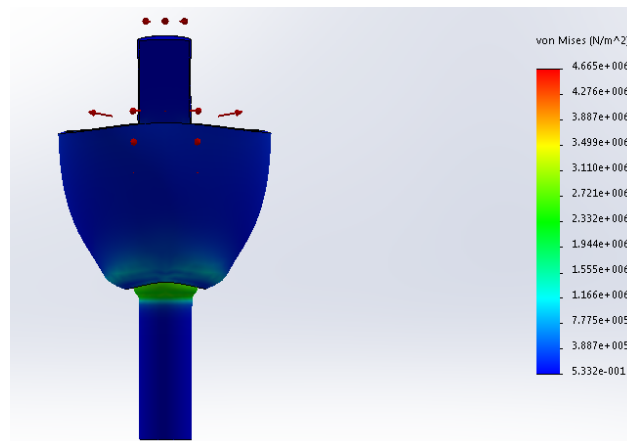


Figura 99 tensión de von misses

La tension maxima es de 4.665e+006N/m<sup>2</sup>

## Desplazamiento

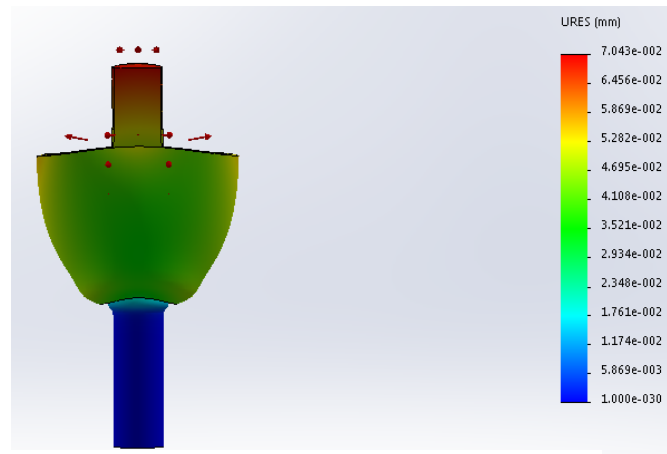


Figura 100 desplazamientos

El desplazamiento máximo es de 0.07043 mm

## Desplazamientos unitarios

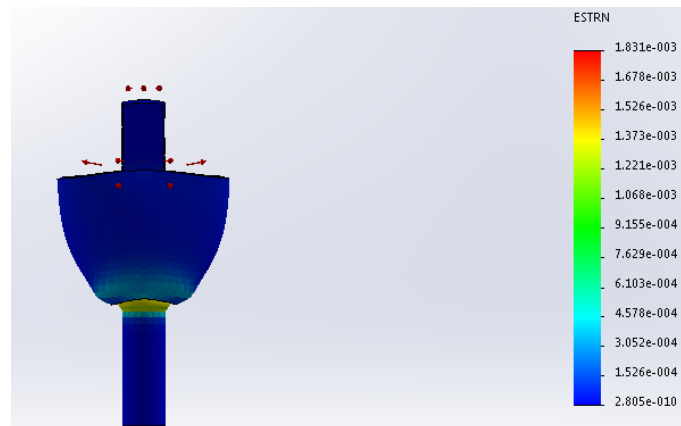


Figura 101 desplazamientos unitarios

## 8. Piezas necesarias y montaje.

### 8.1 Piezas necesarias

Para el correcto montaje de la prótesis se necesitan diversas cosas que el dueño deberá comprar en cualquier ferretería. De momento se expone la lista y luego se analizarán como ponerlo y para qué.

1. Cinta del velcro
2. 2 casquillos de bronce
3. Dos tornillos

Lo primero que se necesita es una cinta de velcro que haga que se ajuste a la extremidad del animal.



Seguido se necesitan dos casquillos con un exterior moleteado e interiormente tenga una métrica M6. Estos casquillos son de bronce y se tiene que poner en la parte del cuerpo. Para poner el casquillo basta con ponerle un pegamento en el exterior y ponerlo en la base y esperar. Este casquillo permite que el tornillo que unirá el agarrador y el cuerpo tenga una métrica asegurada además de asegurarnos que la rosca no se romperá.



Figura 102 casquillos de bronce

Por último se pone un tornillo de M6x1 de cabeza avellanada que junte la zona del agarrador con el cuerpo.



Figura 103 Tornillo M6x1 con cabeza avellanada

## 8.2 Montaje

Secuencia de montaje.

1. Dar pegamento al exterior del casquillo.
2. Meter el casquillo en la base del cuerpo y esperar a que se seque.
3. Poner la parte del agarrador, más baja del agarrador, juntarla con el cuerpo y poner el tornillo que pase por los dos.
4. Ponérsela al animal.
5. Poner cinta de velcro.

## 9. Presupuestos

El precio final de una prótesis se ha calculado como el precio de costo final más el beneficio que se obtendrá por cada prótesis. Para este apartado se va a analizar lo primero el volumen de la prótesis final ya que va a ser la que nos determine el precio de la misma. También analizaremos Los costes de materiales, basado en el volumen, así como el precio de impresión de cada impresora. Añadiremos a esto un beneficio que veamos adecuado.

Lo primero que tenemos que analizar es el volumen de la prótesis. En la siguiente tabla vemos todos los volúmenes calculados en Solid Works, se aprecia que los calculamos en mm<sup>3</sup> que nos lo da el programa. Además se ha pasado a cm<sup>3</sup> que será lo que utilicemos para calcular los precios. (Ruiz)

Tabla 6 volúmenes

Pieza	Volumen (mm <sup>3</sup> )	Volumen (cm <sup>3</sup> )
Agarrador	24742,72	24,74272
Cuerpo	116523,17	116,52317
Pie dinámico	89020,71	89,02071
Pieza de agarre	4621,73	4,62173
Total:	234908,33	234,90833

### 9.1 Precios de coste.

- Precio poliamida de alta precisión: el precio de impresión 1,7 euros por cm<sup>3</sup>. En la siguiente tabla vemos el precio. Este sería el precio de impresión sin beneficios. (Ruiz)

Tabla 7 volúmenes y precio

Pieza	Volumen (mm <sup>3</sup> )	Volumen (cm <sup>3</sup> )	Precio (euros)
Agarrador	24742,72	24,74272	42,062624
Cuerpo	116523,17	116,52317	198,089389
Pie dinámico	89020,71	89,02071	151,335207
Pieza de agarre	4621,73	4,62173	7,856941
Total:	234908,33	234,90833	399,344161



- ABS: el precio del ABS es de 0.9 euros el cm3.

Tabla 8 volúmenes y precio

Pieza	Volumen (mm3)	Volumen (cm3)	Precio (euros)
Agarrador	24742,72	24,74272	22,268448
Cuerpo	116523,17	116,52317	104,870853
Pie dinámico	89020,71	89,02071	80,118639
Pieza de agarre	4621,73	4,62173	4,159557
Total:	234908,33	234,90833	211,417497

## 9.2 Precio fijo:

El precio añadido es un porcentaje que ponemos al precio final en el cual añadimos el precio personal de trabajo por hora. En el apartado anterior, cuando hemos calculado el precio de coste del producto hemos añadido el coste de maquinaria.

Lo primero que tenemos que tener en cuenta es el coste de impresión por hora; tras llamar a varios sitios de impresión 3D se ha comentado que el precio por un operador de impresión en 3D es de 29000 a tiempo completo es de 29000 euros al año. Teniendo en cuenta que un operario trabaja unas 2000 horas al año el precio de un operario por hora es de 14,5 euros/horas. También hay que tener en cuenta la velocidad de deposición de la impresora en 3D que usemos, es decir se puede establecer la velocidad de impresión. Hay que tener en cuenta que contra más velocidad le demos a la impresora más imprecisa será y por el contrario contra más lento sea la impresión más preciso será la impresión. Para esta prótesis vamos a ponerle a la impresora una velocidad de impresión de 30 cm3 por hora. (Ruiz)

Tabla 9 volúmenes, tiempo y costes

volumen (Cm3)	Tiempo (horas)	Coste (Euros)
234,90833	7,830277667	113,5390262

Por ultimo calcularemos el coste de producción de una prótesis. Este coste será el sumatorio de los costes de materiales y del precio fijo.



- $ABS = 211,419 + 113,539 = 325.95$  euros
- $PLA: 399.34 + 113.539 = 452.88$  euros

### 9.3 Beneficios:

La forma de fijación de precios de este producto va a estar basada en el coste de la prótesis, es decir calcularemos los beneficios basándonos en el precio de fabricación de la prótesis. Es decir con la siguiente ecuación calcularemos los beneficios.

$$\text{Beneficios} = \%Cf$$

$$\text{Beneficios ABS} = 0.4 * 325.95 = 130.38 \text{ euros}$$

$$\text{Beneficios PLA} = 0.4 * 452.88 = 181.15 \text{ euros}$$

### 9.4 Precio final:

El precio final de la prótesis será la suma del coste de producción total más los beneficios

Tabla 10 coste finales y precios totales

	COSTE FINAL	BENEFICIOS	PRECIO TOTAL(EUROS)
ABS	325,95	130,38	456,33
PLA	399,34	181,15	580,49

## 10. Legislación

### 10.1 Legislación estatal

Realmente no hay una legislación específica en la que se regule las prótesis animales dentro del ordenamiento jurídico español.

Básicamente la legislación estatal habla de la protección animal, que incluso se ha incluido en el código penal.

- Ley 8/2003, de 24 de abril, de sanidad animal
- Ley 50/1999, de 23 de diciembre, sobre el Régimen Jurídico de la Tenencia de Animales Potencialmente Peligrosos.
- Real Decreto 287/2002, de 22 de marzo, por el que se desarrolla la Ley 50/1999, de 23 de diciembre, sobre el régimen jurídico de la tenencia de animales potencialmente peligrosos.
- Real Decreto 526/2014, de 20 de junio, por el que se establece la lista de las enfermedades de los animales de declaración obligatoria y se regula su notificación



Asimismo hay una serie de leyes autonómicas de protección animal como son:

Andalucía

- Ley 11/2003, de 24 de noviembre, de protección de los animales.

Aragón

- Ley 11/2003, de 19 de marzo, de Protección Animal en la Comunidad Autónoma de Aragón.

Y legislación municipal como son

- Madrid: Ordenanza Reguladora de la Tenencia y Protección de los Animales.
- Murcia: Ordenanza sobre Protección y Tenencia de Animales de Compañía.

Asimismo hay mucha legislación animal referente al sector de la ganadería y referentes a las piscifactorías como por ejemplo

- Real Decreto 1515/2009, de 2 de octubre, por el que se establece un sistema de identificación y registro de los animales de la especie equina.
- Real Decreto 728/2007, de 13 de junio, por el que se establece y regula el Registro general de movimientos de ganado y el Registro general de identificación individual de animales.
- Real Decreto 947/2005, de 29 de julio, por el que se establece un sistema de identificación y registro de los animales de las especies ovina y caprina.

También existe legislación sobre medicamentos, piensos,...etc. Como

- REAL DECRETO 1675/2012, de 14 de diciembre, por el que se regulan las recetas oficiales y los requisitos especiales de prescripción y dispensación de estupefacientes para uso humano y veterinario. (BOE núm. 313, de 29 de diciembre).
- REAL DECRETO 1002/2012, de 29 de junio, por el que se establecen medidas de aplicación de la normativa comunitaria en materia de comercialización y utilización de piensos y se modifica el Real Decreto 1409/2009, de 4 de septiembre, por el que se regula la elaboración, comercialización, uso y control de los piensos medicamentosos. (BOE núm. 167, de 13 de julio).
- REAL DECRETO 1132/2010, de 10 de septiembre, por el que se modifica el Real Decreto 109/1995, de 27 de enero, sobre medicamentos veterinarios. (BOE núm. 233, de 25 de septiembre) (noticias jurídicas, s.f.)



## 10.2 Legislación Internacional

Council Directive 98/58/EC sobre la protección animales de granja que da reglas generales para la protección de los animales de todas las especies utilizadas para la producción de alimentos, lana, pieles, u otros propósitos que están basados en la the European Convention for the Protection of Animals kept for Farming Purposes

## 10.3 Legislación de productos sanitarios

También existe legislación sobre medicamentos y productos sanitarios que se clasifican dependiendo de riesgo. Se establecen cuatro clases de riesgo: clase I, clase IIa, Clase IIb y clase III. Los productos de la clase I se corresponden con el menor riesgo y los de clase III con el mayor riesgo. Así se legislan las condiciones que debe cumplir y los documentos acreditativos de la conformidad.

Pero siempre referidos a sanidad de los seres humanos.

## 11. Iniciativas de marketing:

Las iniciativas de marketing van a ir dirigidas en varias direcciones:

- 1.- Anuncios y artículos páginas webs especializadas
- 2.- Redes sociales
3. Profesionales de veterinaria
- 4.- Tiendas de venta de materiales para animales.
5. Participación en ferias.
6. blogueros famosos

### 11.1 Anuncios y artículos en páginas web especializadas

Se trata de preparar una información sencilla en cuanto a presentación del producto destacando:

- \* Un producto con gran flexibilidad realizado con impresión 3 D
- \* Rapidez de fabricación y envío
- \* Destacar aspectos de protección para el animal
- \* Facilidad de ponérsela y quitársela
- \* Precio muy bueno

Asimismo la idea sería realizar en colaboración con alguna consulta veterinaria una prótesis de forma que pudiera presentarse un caso real con su historia. Una vez tenida la presentación, se enviaría a todas las páginas web de asociaciones relacionadas con la





protección animal. Un listado completo de webs y Asociaciones relacionadas con la Protección Animal con 552 asociaciones se puede encontrar en el siguiente enlace. (<http://bambu-difunde.net/webs-proteccion-animal.php> , s.f.)

## 11.2 Redes sociales

Página web

El primer punto sería creación de una página web que permita ver lo siguiente:

- \* Las piezas
- \* Los casos reales de mascotas que llevan las prótesis, de forma que se pueda ver la historia del problema de la mascota y como se ha resuelto, viéndose imágenes de cómo anda una vez que tiene la prótesis instalada.
- \* Videos de cómo se montan y desmontan

Asimismo

Envío de video con historia real a través de Facebook, Twitter,...etc.

## 11.3 Profesionales de veterinaria

En este campo, la idea es hacer una presentación más detallada de las piezas, dimensiones, como se realiza el ajuste,...etc.

Asimismo destacaría lo siguiente:

- \* Que solo tomando unas medidas se puede fabricar la pieza de forma muy rápida, dando un plazo de entrega muy corto
- \* Garantía de que se ajusta a las medidas tomadas y que tiene flexibilidad para ajustarse.
- \* Ventajas como facilidad de montaje,...etc.

Con esa presentación la enviaría al listado clínicas veterinarias. Dicho listado se puede encontrar en la página web de veterinarios. (<http://www.veterinario-vetersalud.com/listado-clinicas-veterinarias.html>, s.f.)

## 11.4 Tiendas de venta de materiales para animales

La misma presentación y videos se enviaría a un listado completo de tiendas de venta de productos para animales con 1721 se puede encontrar en el siguiente enlace (<http://es.qdq.com/tiendas+de+animales/>, s.f.)

## 11.5. Participación en ferias.

Sería interesante la participación en una feria de productos para animales. Una de las más importantes es la siguiente:





Figura 104 ferias

Cuyo costo podría valorarse de acuerdo al presupuesto de una feria en IFEMA

### 2.1. TARIFAS

**SÓLO SUELO: Precio: 145,32 €/m<sup>2</sup> + IVA (1)**  
 Incluye: Alquiler de espacio, invitaciones profesionales en formato electrónico y 5 pases de expositor para stands hasta 16 m<sup>2</sup> y 2 más por cada 16 m<sup>2</sup> adicionales hasta un máximo de 12 pases.

**STAND LLAVE EN MANO: Precio 2.511,16 € + IVA (1) /m<sup>2</sup> adicional 188,68 € + IVA (1)**  
 Incluye: Alquiler de espacio 12 m<sup>2</sup>, stand equipado (Ver características a continuación), consumo mínimo de electricidad, seguros obligatorios, limpieza básica del stand, invitaciones profesionales en formato electrónico y 5 pases de expositor.

### 2.2. SERVICIOS GENERALES

La participación como expositor implica la contratación automática de:

Seguro de Responsabilidad Civil (*)	52,61 € + IVA (1)
Seguro "Multiferia" (*)	49,93 € + IVA (1)
Consumo mínimo de energía eléctrica (0,13 kw/m <sup>2</sup> ) (*)	3,492 €/m <sup>2</sup> + IVA (1)
Presencia en Elementos de Promoción	205 € + IVA (1)

(\*) Incluido en stand "Llave en Mano".

Figura 105 precios y tarifas

(IFEMA, s.f.) O con otras opciones más baratas:



Figura 106. Opciones fáciles y baratas para un stand

### 11.6 Empresas de impresión 3D:

Muchas de la empresas que tienen un catálogo de piezas y productos. Ponerse en contacto con algunas empresas de impresión en 3D para que la tengan en sus catálogos para poder ofrecérsela a su público. Por supuesto una parte iría a la empresa de impresión 3D pero es una medida expansiva muy interesante.

### 11.7 bloggers:

Contactar con bloggers con alto nivel de seguimientos en las redes y exponerles el producto. En especial hablar con los bloggers considerados “animalistas” y poner en valor el producto resaltando su versatilidad así como su bajo costo. Para estas reuniones sería conveniente hacer diversos renders y diversos diseños además de historias reales en los cuales los animales se hayan adaptado bien a la prótesis.



## 12. conclusiones finales

En este apartado se va analizar una serie de conclusiones a las que se han llegado durante el trabajo final de grado.

- Una de las más importantes es la cantidad de dificultades que hay detrás de un diseño por muy sencillo que parezca.
- La realización de un análisis de mercado no es tan fácil como parece, aunque no conlleva gran dificultad requiere horas, pero merece la pena para evitar problemas que otras personas han cometido.
- La primera idea de diseño que se tiene no ha sido la solución final, en la fase de diseño surgen muchas ideas y mejoras, aunque conlleve horas conviene analizarlas para la realización de un buen diseño definitivos.
- A la hora de la realización de un plan de marketing te das cuenta que es imprescindible para un producto, pues sino todo el trabajo puede quedar en balde.
- Durante la realización de un proyecto aparecen dificultades que no tenías previstas.
- Cuando se comenzó a realizar los elementos finitos no se dominaba ni el método ni el programa y a costa de horas se aprendió mucho acerca de este método imprescindible para ingenieros.
- En febrero cuando se comenzó se veía el proyecto como algo difícil y casi imposible de realizar, lo que más he aprendido de este trabajo es que con determinación, ganas de aprender y muchas horas se puede hacer cualquier cosa y aunque no sepas como hacer algo siempre se puede aprender a hacerlo.



### 13. Bibliografía

Climent, S. (s.f.). atlas de embriología y anatomía veterinaria. En *atlas de embriología y anatomía veterinaria*.

Grosman, S. y. (1982). *anatomía de los animales domesticos*.

<http://bambu-difunde.net/webs-proteccion-animal.php> . (s.f.). Obtenido de

<http://bambu-difunde.net/webs-proteccion-animal.php> .

<http://es.qdq.com/tiendas+de+animales/>. (s.f.). Obtenido de

<http://es.qdq.com/tiendas+de+animales/>.

<http://hacersenderismo.com/bastones-de-senderismo/>. (s.f.). Obtenido de

<http://hacersenderismo.com/bastones-de-senderismo/>.

[http://ortopediacanina.com/es/protesis-y-ortesis-a-medida/225-protesis-de-miembro-](http://ortopediacanina.com/es/protesis-y-ortesis-a-medida/225-protesis-de-miembro-posterior.html)

[posterior.html](http://ortopediacanina.com/es/protesis-y-ortesis-a-medida/225-protesis-de-miembro-posterior.html). (s.f.). Obtenido de [http://ortopediacanina.com/es/protesis-y-](http://ortopediacanina.com/es/protesis-y-ortesis-a-medida/225-protesis-de-miembro-posterior.html)

[ortesis-a-medida/225-protesis-de-miembro-posterior.html](http://ortopediacanina.com/es/protesis-y-ortesis-a-medida/225-protesis-de-miembro-posterior.html).

<http://protesica.com.co/portfolio-item/pie-dinamico/>. (s.f.). Obtenido de

<http://protesica.com.co/portfolio-item/pie-dinamico/>.

<http://tecnologia2011organos.blogspot.com.es/>. (s.f.). Obtenido de

<http://tecnologia2011organos.blogspot.com.es/>.

<http://www.veterinario-vetersalud.com/listado-clinicas-veterinarias.html>. (s.f.).

Obtenido de <http://www.veterinario-vetersalud.com/listado-clinicas-veterinarias.html>.

IFEMA. (s.f.).

[http://www.ifema.es/PresentacionInet/groups/public/documents/formulario/if\\_052202.pdf](http://www.ifema.es/PresentacionInet/groups/public/documents/formulario/if_052202.pdf). Obtenido de

[http://www.ifema.es/PresentacionInet/groups/public/documents/formulario/if\\_052202.pdf](http://www.ifema.es/PresentacionInet/groups/public/documents/formulario/if_052202.pdf).

ministerio de agricultura, a. y. (s.f.). *base de datos animales domesticos*.

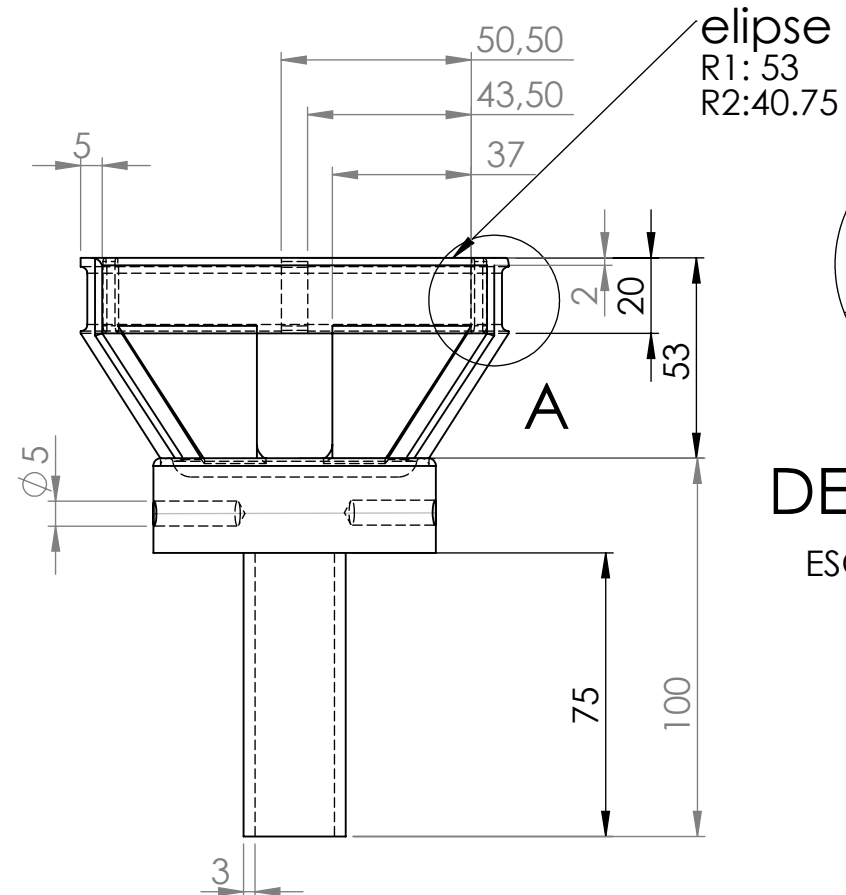
norton, k. (2007). *breve recorrido por la historia de las protesis* .

*noticias juridicas*. (s.f.). Obtenido de noticias juridicas.

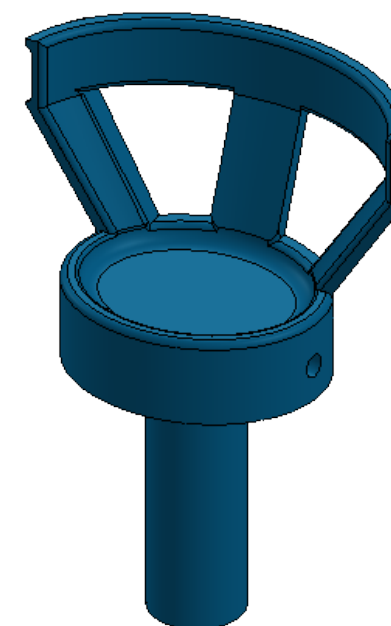
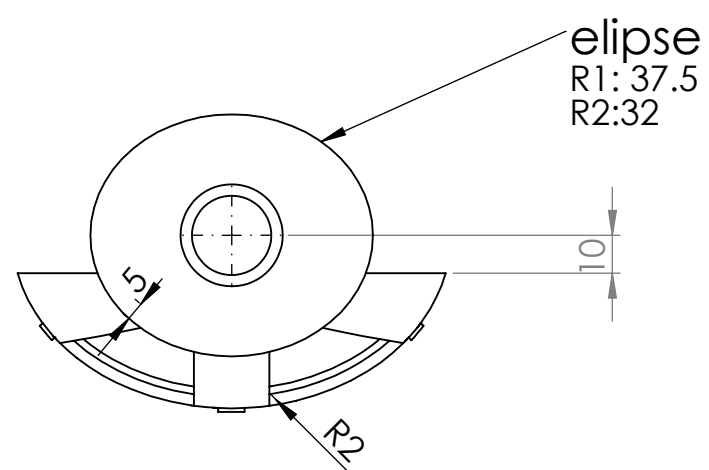
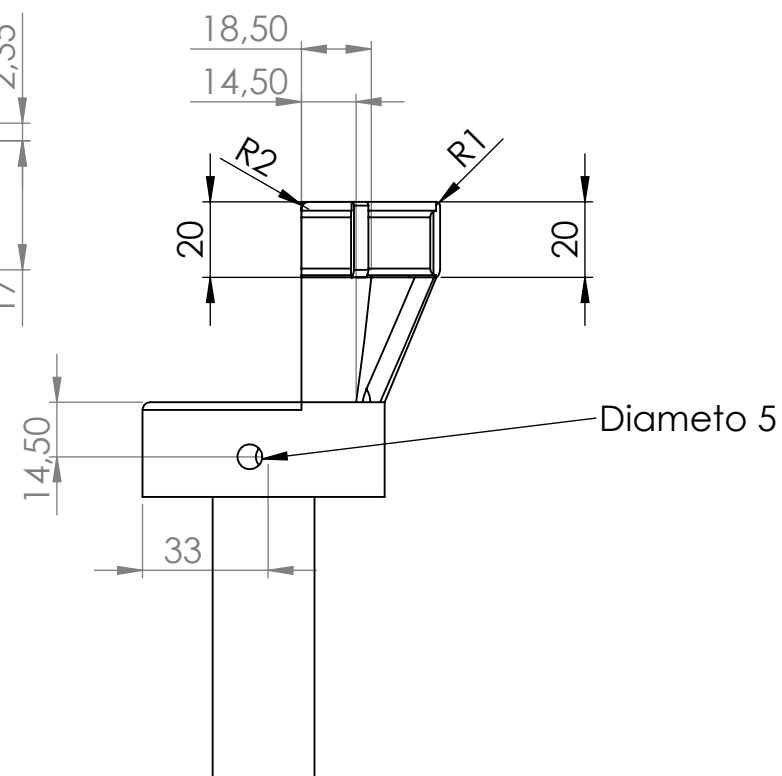
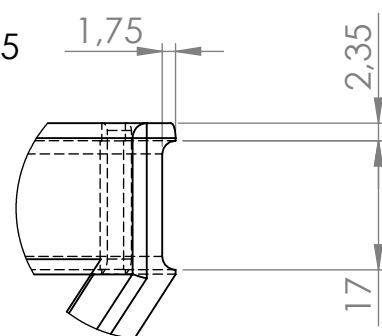
rodriguez, r. (s.f.). Mecanica del perro. *universidad de san simon* .

Ruiz, E. G. (s.f.). Apuntes de marketing.





**DETALLE A**  
ESCALA 1 : 1



Universidad  
Pública de  
Navarra

**E.T.S.I.I.T.**

INGENIERIA INDUSTRIAL

DEPARTAMENTO DE INGENIERIA MECANICA,  
ENERGETICAS Y DE MATERIALES

titulo del proyecto  
Diseño de una protesis para perros  
imprimible en 3D

REALIZADO POR:

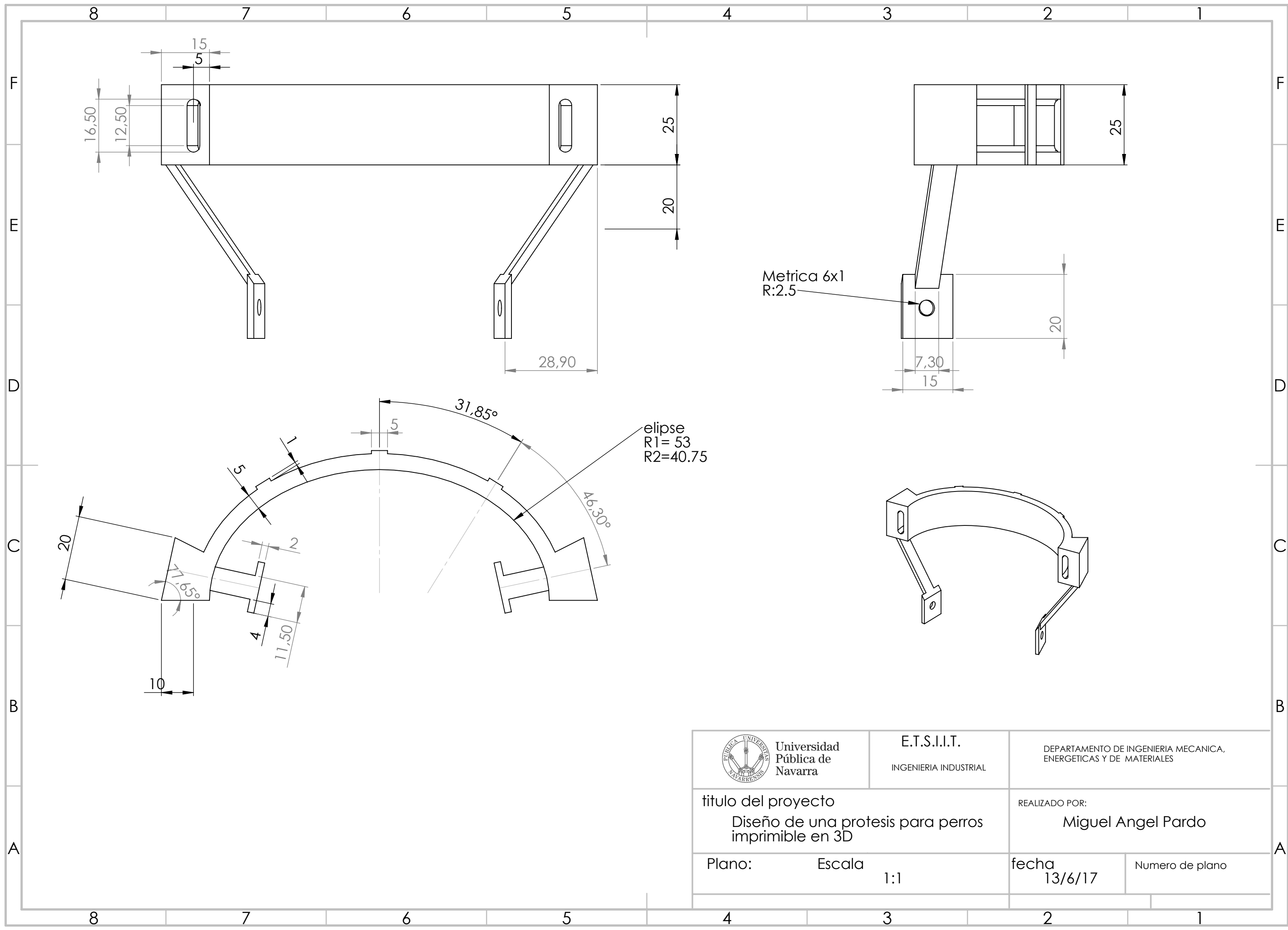
Miguel Angel Pardo


Plano:  
Cuerpo

Escala  
1:2

fecha  
13/6/17

Numero de plano



 <div>Universidad Pública de Navarra</div>	E.T.S.I.I.T.  INGENIERIA INDUSTRIAL	DEPARTAMENTO DE INGENIERIA MECANICA, ENERGETICAS Y DE MATERIALES	
titulo del proyecto  Diseño de una protesis para perros imprimible en 3D		REALIZADO POR:  Miguel Angel Pardo	
Plano:	Escala  1:1	fecha  13/6/17	Numero de plano

8 7 6 5 4 3 2 1

F

F

E

E

D

D

C

C

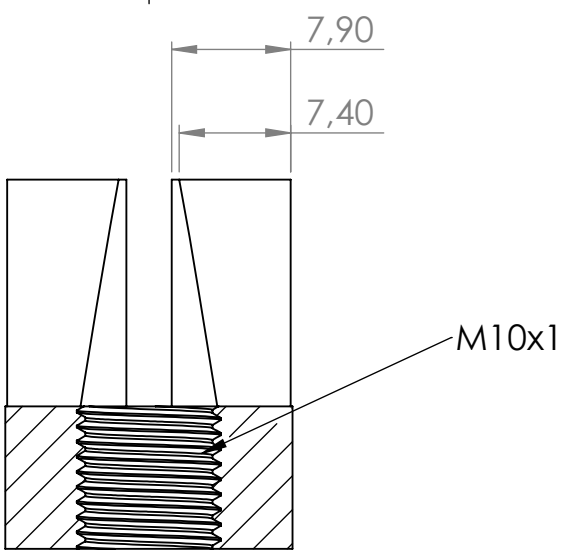
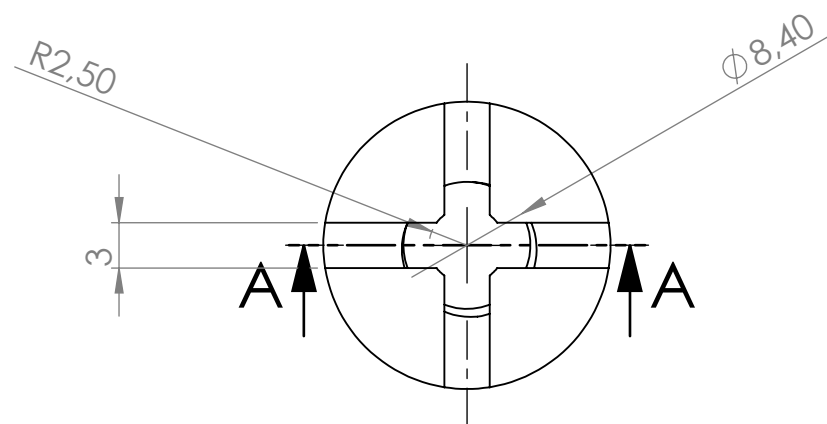
B

B

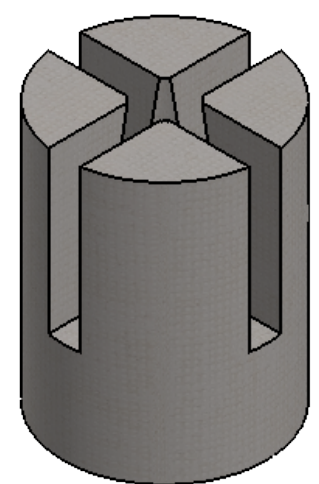
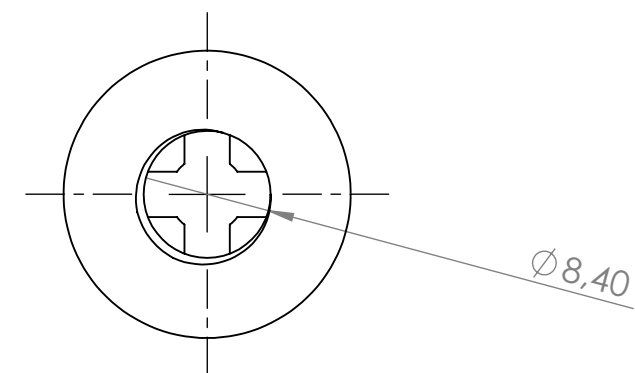
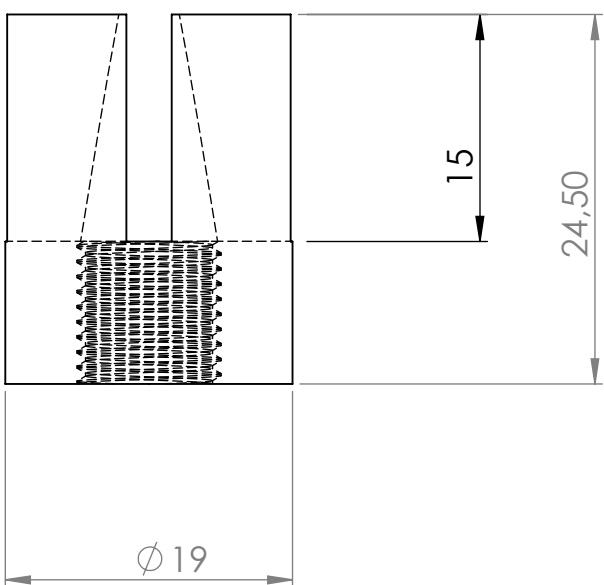
A


A

8 7 6 5 4 3 2 1

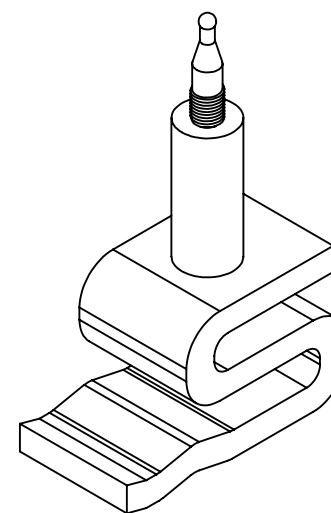
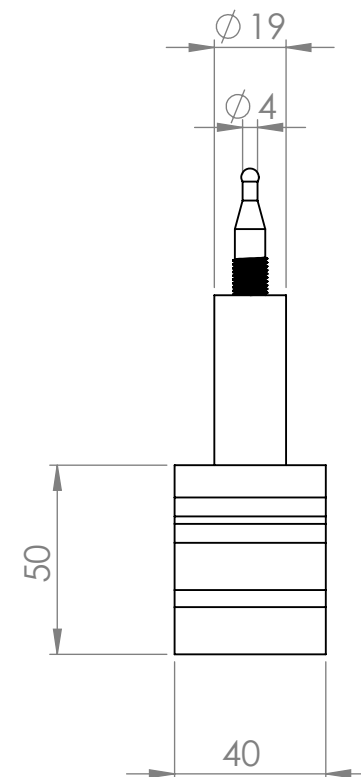
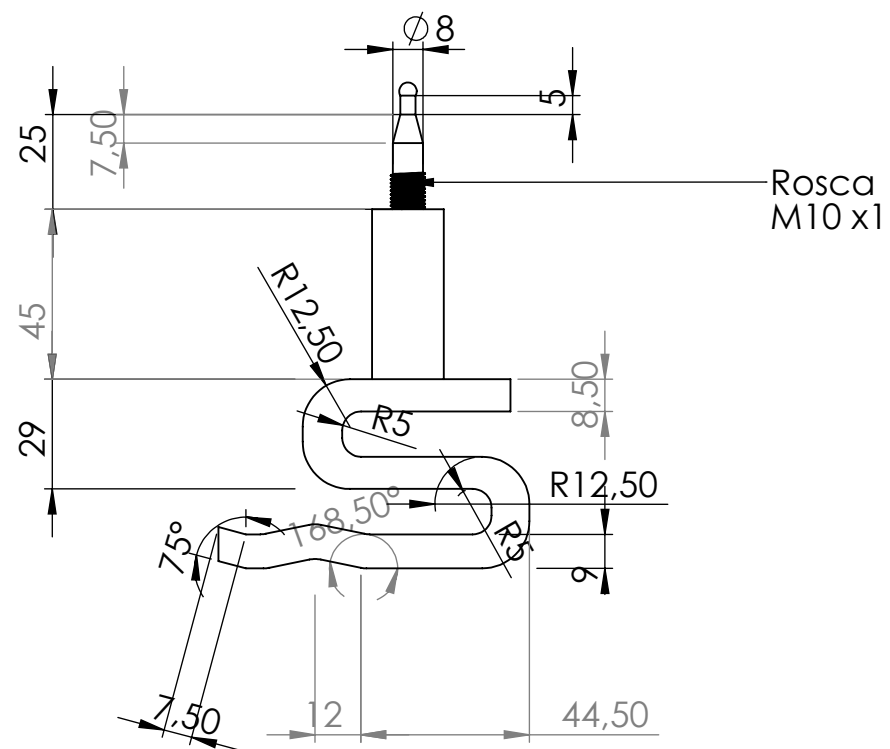


SECCIÓN A-A



 Universidad Pública de Navarra	E.T.S.I.I.T. INGENIERIA INDUSTRIAL	DEPARTAMENTO DE INGENIERIA MECANICA, ENERGETICAS Y DE MATERIALES	
titulo del proyecto Diseño de una protesis para perros imprimible en 3D		REALIZADO POR: Miguel Angel Pardo	
Plano: pieza de agarre	Escala 2:1	fecha 13/6/17	Numero de plano
PESO:		ESCALA:2:1	HOJA 1 DE 1





Universidad  
Pública de  
Navarra

E.T.S.I.I.T.  
INGENIERIA INDUSTRIAL

DEPARTAMENTO DE INGENIERIA MECANICA,  
ENERGETICAS Y DE MATERIALES

titulo del proyecto

Diseño de una protesis para perros  
imprimible en 3D

REALIZADO POR:

Miguel Angel Pardo

Plano:

Pie Dinamico

Escala

1:2

fecha

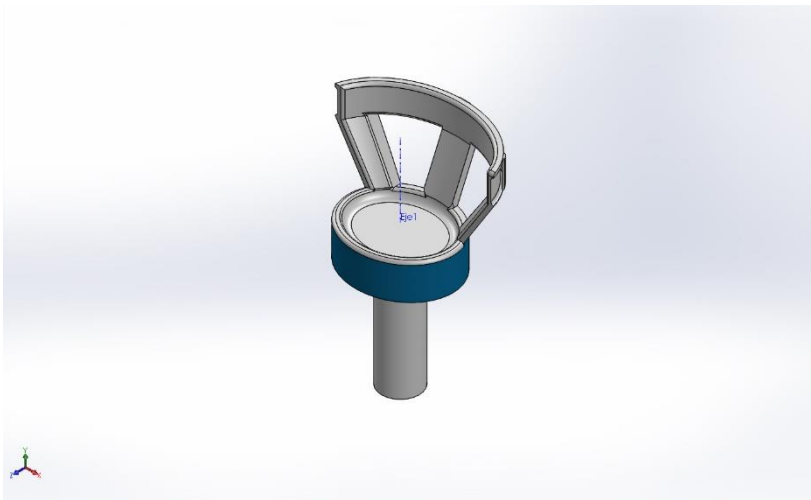
13/6/17

Numero de plano

PESO: 3

ESCALA:1:2

HOJA 1 DE 1



# Simulación de cuerpo-para-elementos

**Fecha:** viernes, 16 de junio de 2017

**Diseñador:** Solidworks

**Nombre de estudio:** Análisis estático 2

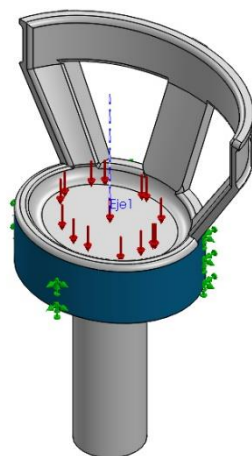
**Tipo de análisis:** Análisis estático

## Tabla de contenidos

Descripción .....	¡Error! Marcador no definido.
Información de modelo .....	2
Propiedades de estudio .....	3
Unidades .....	3
Cargas y sujeciones.....	4
Información de malla .....	5
Fuerzas resultantes.....	6
Resultados del estudio .....	7
Conclusión .....	¡Error! Marcador no definido.




## Información de modelo



Nombre del modelo: cuerpo-para-elementos  
Configuración actual: Predeterminado

### Sólidos

Nombre de documento y referencia	Tratado como	Propiedades volumétricas	Ruta al documento/Fecha de modificación
Cortar-Revolución1 	Sólido	Masa:0.118752 kg Volumen:0.000116424 m <sup>3</sup> Densidad:1020 kg/m <sup>3</sup> Peso:1.16377 N	C:\Users\Labora3\Desktop \cuerpo-para- elementos.SLDPRT Jun 16 09:27:32 2017



## Propiedades de estudio

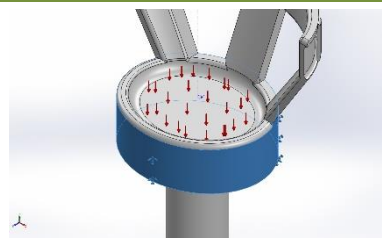
Nombre de estudio	Análisis estático 2
Tipo de análisis	Análisis estático
Tipo de malla	Malla sólida
Efecto térmico:	Activar
Opción térmica	Incluir cargas térmicas
Temperatura a tensión cero	298 Kelvin
Incluir los efectos de la presión de fluidos desde SOLIDWORKS Flow Simulation	Desactivar
Tipo de solver	FFEPlus
Efecto de rigidización por tensión (Inplane):	Desactivar
Muelle blando:	Desactivar
Desahogo inercial:	Desactivar
Opciones de unión rígida incompatibles	Automático
Gran desplazamiento	Desactivar
Calcular fuerzas de cuerpo libre	Activar
Fricción	Desactivar
Utilizar método adaptativo:	Desactivar
Carpeta de resultados	Documento de SOLIDWORKS (C:\Users\Labora3\Desktop)

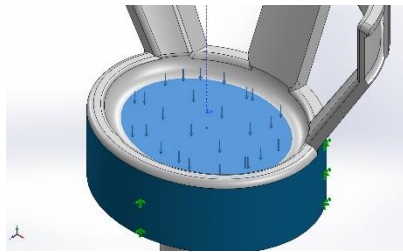
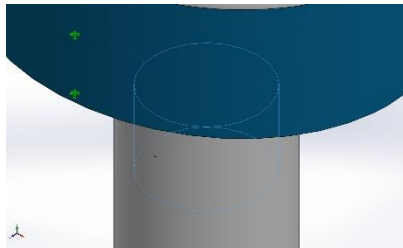
## Unidades

Sistema de unidades:	Métrico (MKS)
Longitud/Desplazamiento	mm
Temperatura	Kelvin
Velocidad angular	Rad/seg
Presión/Tensión	N/m <sup>2</sup>



## Cargas y sujeciones

Nombre de sujeción	Imagen de sujeción	Detalles de sujeción			
Fijo-1		Entidades: 1 cara(s) Tipo: Geometría fija			
Fuerzas resultantes					
Componentes	X	Y	Z	Resultante	
Fuerza de reacción(N)	6.12519e-007	0.288824	-4.17419e-006	0.288824	
Momento de reacción(N.m)	0	0	0	0	

Nombre de carga	Cargar imagen	Detalles de carga		
Presión-1		Entidades:	1 cara(s)	
		Tipo:	Normal a cara seleccionada	
		Valor:	323.82	
		Unidades:	N/m <sup>2</sup>	
		Ángulo de fase:	0	
		Unidades:	deg	
Presión-2		Entidades:	1 cara(s)	
		Tipo:	Normal al plano	
		Valor:	-323.86	
		Unidades:	N/m <sup>2</sup>	
		Ángulo de fase:	0	
		Unidades:	deg	

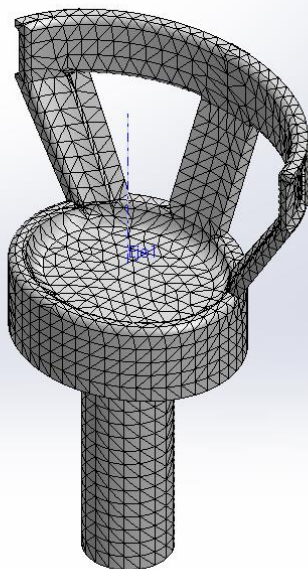
## Información de malla

Tipo de malla	Malla sólida
Mallador utilizado:	Malla estándar
Transición automática:	Desactivar
Incluir bucles automáticos de malla:	Desactivar
Puntos jacobianos	4 Puntos
Tamaño de elementos	4.88425 mm
Tolerancia	0.244213 mm
Trazado de calidad de malla	Elementos cuadráticos de alto orden

## Información de malla - Detalles

Número total de nodos	16494
Número total de elementos	9295
Cociente máximo de aspecto	16.904
% de elementos cuyo cociente de aspecto es < 3	91.9
% de elementos cuyo cociente de aspecto es > 10	0.258
% de elementos distorsionados (Jacobiana)	0
Tiempo para completar la malla (hh:mm:ss):	00:00:07
Nombre de computadora:	OFITEC00

Nombre del modelo: cuerpo-para-elementos  
Nombre de estudio: Análisis estático 2(-Pre determinado-)  
Tipo de malla: Malla sólida



Producto SOLIDWORKS Educational. Solo para uso en la enseñanza.



SOLIDWORKS

Analizado con SOLIDWORKS Simulation

Simulación de cuerpo-para-elementos

## Fuerzas resultantes

### Fuerzas de reacción

Conjunto de selecciones	Unidades	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultante
Todo el modelo	N	6.12519e-007	0.288824	-4.17419e-006	0.288824

### Momentos de reacción

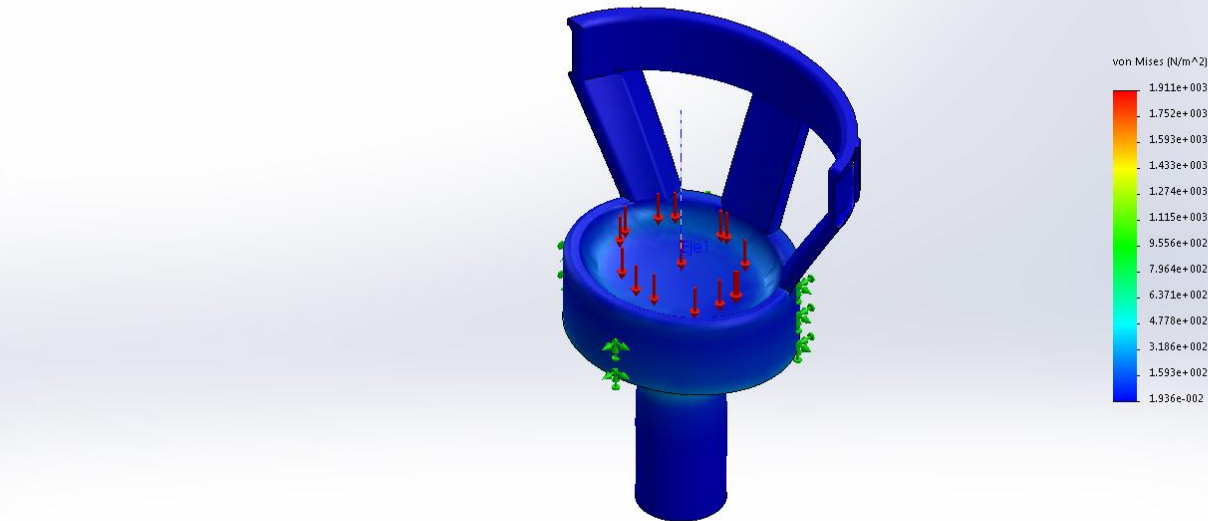
Conjunto de selecciones	Unidades	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultante
Todo el modelo	N.m	0	0	0	0



Resultados del estudio

Nombre	Tipo	Mín.	Máy.
Tensiones1	VON: Tensión de von Mises	1.936e-002N/m^2 Nodo: 895	1.911e+003N/m^2 Nodo: 1943

Nombre del modelo: cuerpo-para-elementos  
Nombre de estudio: Análisis estático 2 (Pie determinado)  
Tipo de resultado: Análisis estático tensión nodal Tensiones1  
Escala de deformación: 910101



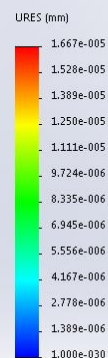
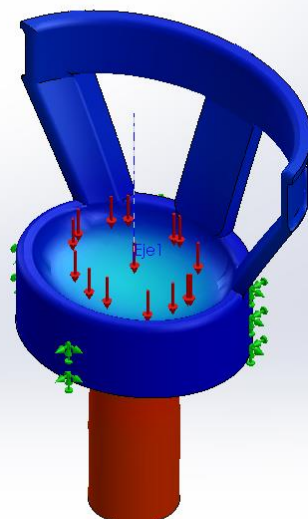
Producto SOLIDWORKS Educational. Solo para uso en la enseñanza.

cuerpo-para-elementos-Análisis estático 2-Tensiones-Tensiones1

Nombre	Tipo	Mín.	Máy.
Desplazamientos1	URES: Desplazamientos resultantes	0.000e+000mm Nodo: 557	1.667e-005mm Nodo: 15087



Nombre del modelo: cuerpo-para-elementos  
 Nombre de estudio: Análisis estático 2-(Pre determinado-)  
 Tipo de resultado: Desplazamiento estático Desplazamientos1  
 Escala de deformación: 9.18101



Producto SOLIDWORKS Educational. Solo para uso en la enseñanza.

cuerpo-para-elementos-Análisis estático 2-Desplazamientos-Desplazamientos1

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Deformaciones unitarias1	ESTRN: Deformación unitaria equivalente	1.587e-011 Elemento: 6491	7.789e-007 Elemento: 2471

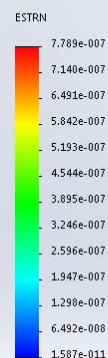
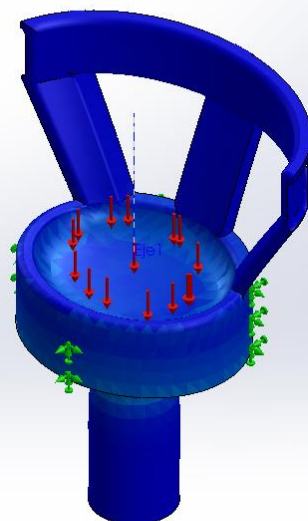


SOLIDWORKS

Analizado con SOLIDWORKS Simulation

Simulación de cuerpo-para-elementos

Nombre del modelo: cuerpo-para-elementos  
Nombre de estudio: Análisis estático 2-(Predeterminado)  
Tipo de resultado: Deformación unitaria - estática Deformaciones unitarias1  
Escala de deformación: 9.18101



Producto SOLIDWORKS Educational. Solo para uso en la enseñanza.

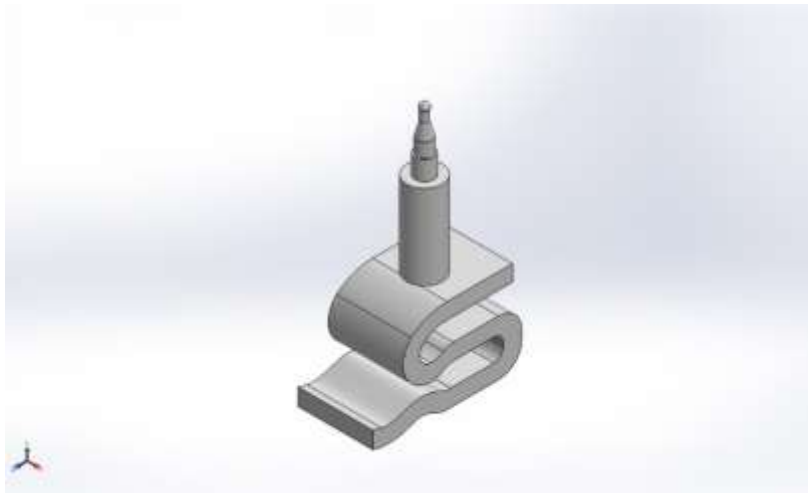
cuerpo-para-elementos-Análisis estático 2-Deformaciones unitarias-Deformaciones unitarias1



SOLIDWORKS

Analizado con SOLIDWORKS Simulation

Simulación de cuerpo-para-elementos



# Simulación de pie dinámico-adaptado-elementos finitos

**Fecha:** viernes, 16 de junio de 2017

**Diseñador:** Solidworks

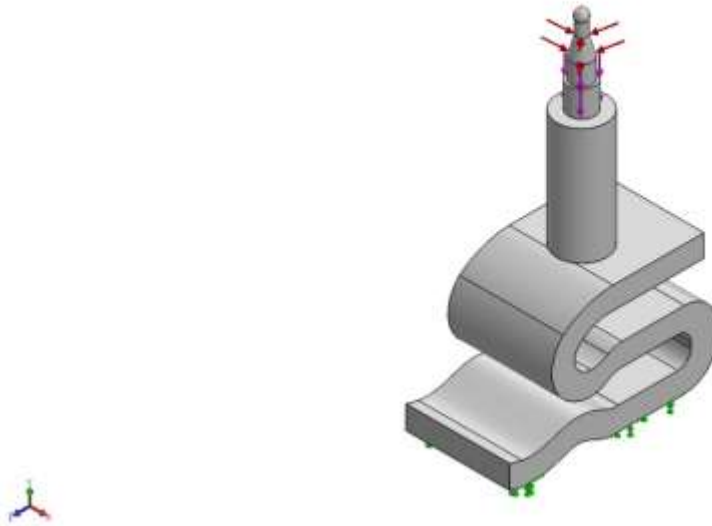
**Nombre de estudio:** Análisis estático 1

**Tipo de análisis:** Análisis estático

## Tabla de contenidos


Descripción .....	¡Error! Marcador no definido.
Información de modelo .....	2
Propiedades de estudio.....	3
Unidades .....	3
Cargas y sujeciones.....	4
Información de malla .....	5
Fuerzas resultantes.....	6
Resultados del estudio.....	7
Conclusión .....	¡Error! Marcador no definido.

## Información de modelo



Nombre del modelo: pie dinamico-adaptado-elementos finitos  
Configuración actual: Predeterminado

### Sólidos

Nombre de documento y referencia	Tratado como	Propiedades volumétricas	Ruta al documento/Fecha de modificación
Saliente-Extruir13 	Sólido	Masa:0.0910282 kg Volumen:8.92433e-005 m <sup>3</sup> Densidad:1020 kg/m <sup>3</sup> Peso:0.892076 N	E:\TFG\diseño\actualizado \Pie dinamico\pie dinamico-adaptado- elementos finitos.SLDPRT Jun 16 11:51:26 2017


## Propiedades de estudio


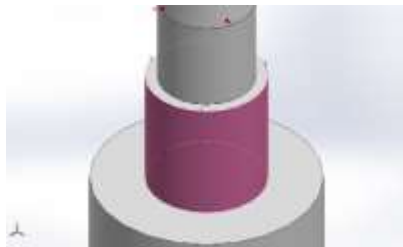
Nombre de estudio	Análisis estático 1
Tipo de análisis	Análisis estático
Tipo de malla	Malla sólida
Efecto térmico:	Activar
Opción térmica	Incluir cargas térmicas
Temperatura a tensión cero	298 Kelvin
Incluir los efectos de la presión de fluidos desde SOLIDWORKS Flow Simulation	Desactivar
Tipo de solver	FFEPlus
Efecto de rigidización por tensión (Inplane):	Desactivar
Muelle blando:	Desactivar
Desahogo inercial:	Desactivar
Opciones de unión rígida incompatibles	Automático
Gran desplazamiento	Desactivar
Calcular fuerzas de cuerpo libre	Activar
Fricción	Desactivar
Utilizar método adaptativo:	Desactivar
Carpeta de resultados	Documento de SOLIDWORKS (E:\TFG\diseño\actualizado\Pie dinamico)

## Unidades

Sistema de unidades:	Métrico (MKS)
Longitud/Desplazamiento	mm
Temperatura	Kelvin
Velocidad angular	Rad/seg
Presión/Tensión	N/m <sup>2</sup>

## Cargas y sujeciones

Nombre de sujeción	Imagen de sujeción	Detalles de sujeción			
Fijo-1		<b>Entidades:</b> 2 cara(s) <b>Tipo:</b> Geometría fija			
<b>Fuerzas resultantes</b>					
Componentes		X	Y	Z	Resultante
Fuerza de reacción(N)		0.00505948	166.816	-0.00107276	166.816
Momento de reacción(N.m)		0	0	0	0

Nombre de carga	Cargar imagen	Detalles de carga		
Presión-1		<b>Entidades:</b> 1 cara(s) <b>Tipo:</b> Normal a cara seleccionada <b>Valor:</b> 166.81 <b>Unidades:</b> N/m^2 <b>Ángulo de fase:</b> 0 <b>Unidades:</b> deg		
Fuerza-1		<b>Referencia:</b> Cara< 1 > <b>Tipo:</b> Aplicar fuerza <b>Valores:</b> ---, ---, 166.81 N		

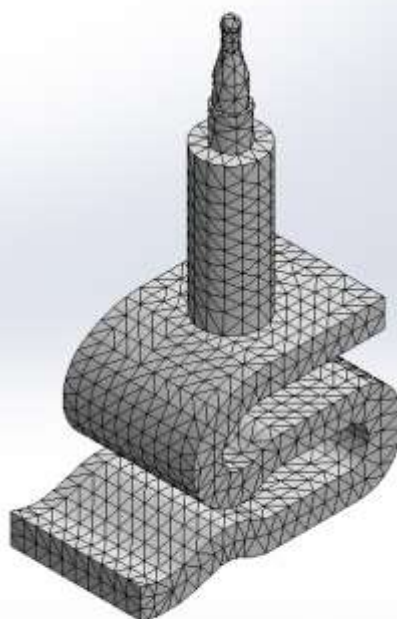
## Información de malla

Tipo de malla	Malla sólida
Mallador utilizado:	Malla estándar
Transición automática:	Desactivar
Incluir bucles automáticos de malla:	Desactivar
Puntos jacobianos	4 Puntos
Tamaño de elementos	4.35817 mm
Tolerancia	0.217909 mm
Trazado de calidad de malla	Elementos cuadráticos de alto orden

## Información de malla - Detalles

Número total de nodos	15813
Número total de elementos	9491
Cociente máximo de aspecto	10.124
% de elementos cuyo cociente de aspecto es < 3	99.5
% de elementos cuyo cociente de aspecto es > 10	0.0105
% de elementos distorsionados (Jacobiana)	0
Tiempo para completar la malla (hh:mm:ss):	00:00:05
Nombre de computadora:	OFITEC00

Nombre del modelo: pie dinámico-adaptivo de elementos finitos  
Nombre de estudio: análisis estático (Predefinido)  
Tipo de malla: Malla sólida



Producto SOLIDWORKS Educational. Solo para uso en la enseñanza.

Fuerzas resultantes

Fuerzas de reacción

Conjunto de selecciones	Unidades	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultante
Todo el modelo	N	0.00505948	166.816	-0.00107276	166.816

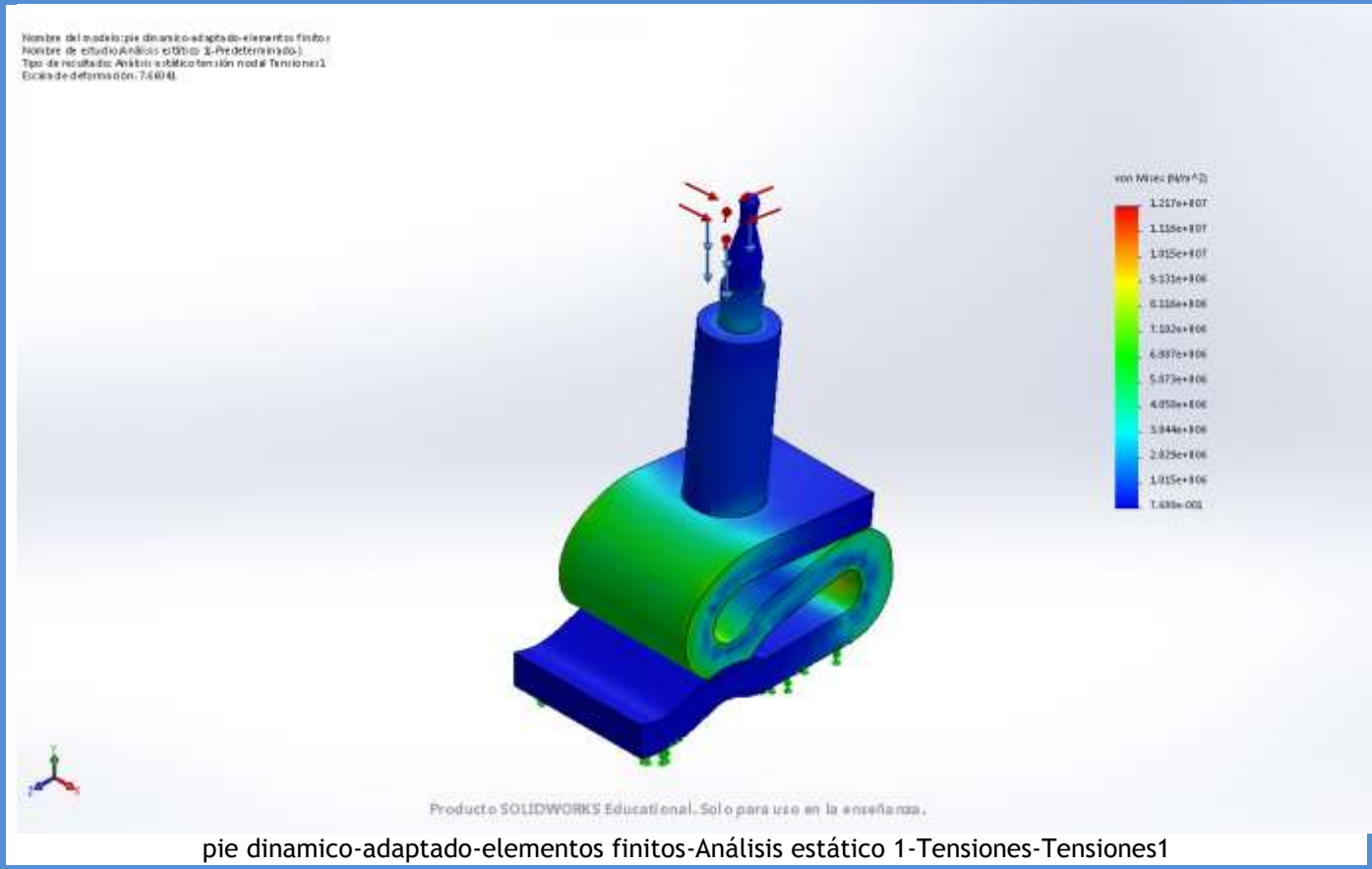
Momentos de reacción

Conjunto de selecciones	Unidades	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultante
Todo el modelo	N.m	0	0	0	0



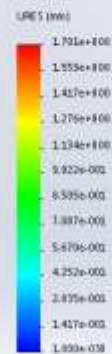
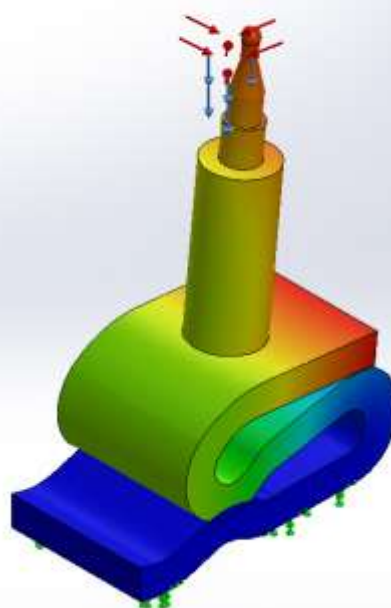
Resultados del estudio

Nombre	Tipo	Mín.	Máy.
Tensiones1	VON: Tensión de von Mises	7.688e-001N/m^2 Nodo: 15528	1.217e+007N/m^2 Nodo: 14013



Nombre	Tipo	Mín.	Máy.
Desplazamientos1	URES: Desplazamientos resultantes	0.000e+000mm Nodo: 297	1.701e+000mm Nodo: 908

Nombre del modelo: pie dinamico-adaptado-elementos finitos  
 Nombre de estudio: Estrn1 (1-Predefinido)  
 Tipo de resultado: Desplazamiento estático Desplazamientos1  
 Escala de deformación: 7.5404

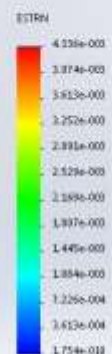
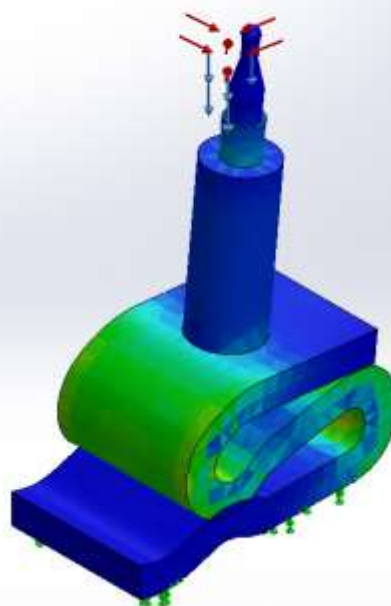


Producto SOLIDWORKS Educativo. Solo para uso en la enseñanza.

pie dinamico-adaptado-elementos finitos-Análisis estático 1-Desplazamientos-Desplazamientos1

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Deformaciones unitarias1	ESTRN: Deformación unitaria equivalente	1.754e-010 Elemento: 2110	4.336e-003 Elemento: 4650

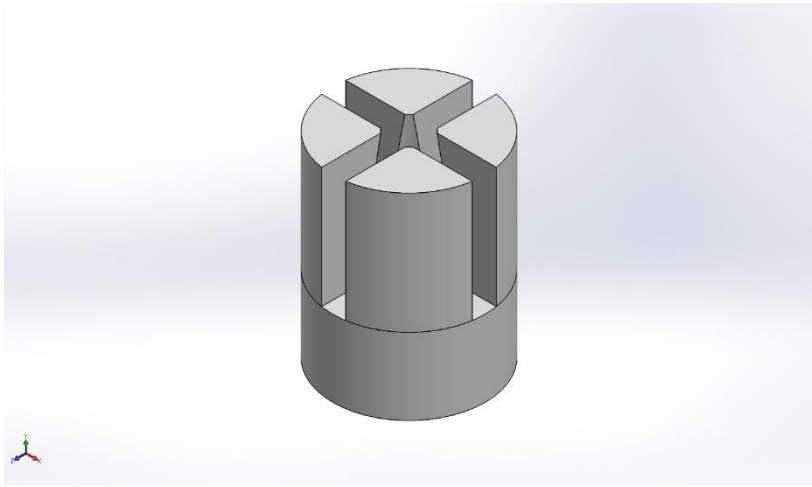
Nombre del modelo: pie dinamico-adaptado-elementos finitos  
 Nombre de estudio: Estrn1 (1-Predefinido)  
 Tipo de resultado: Deformación unitaria estática Deformaciones unitarias1  
 Escala de deformación: 7.5404



Producto SOLIDWORKS Educativo. Solo para uso en la enseñanza.

pie dinamico-adaptado-elementos finitos-Análisis estático 1-Deformaciones unitarias-Deformaciones unitarias1





# Simulación de pieza agarre-elementos-finitos

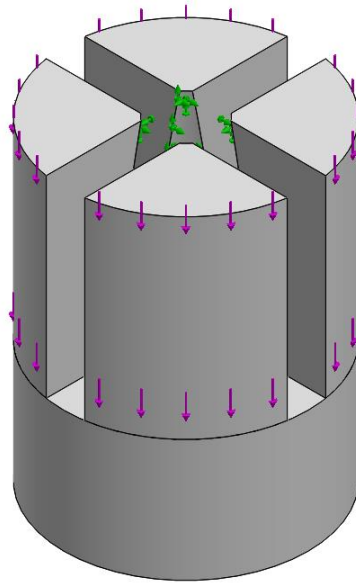
Fecha: sábado, 17 de junio de 2017  
Diseñador: Solidworks  
Nombre de estudio: Análisis estático 2  
Tipo de análisis: Análisis estático

## Tabla de contenidos

Descripción .....	¡Error! Marcador no definido.
Información de modelo .....	2
Propiedades de estudio .....	4
Unidades .....	4
Propiedades de material .....	5
Cargas y sujeciones.....	6
Información de malla .....	8
Fuerzas resultantes.....	9
Resultados del estudio.....	10
Conclusión .....	13

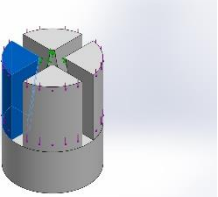
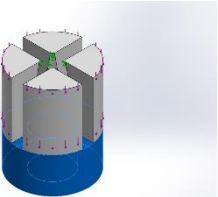


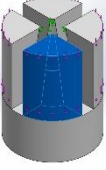
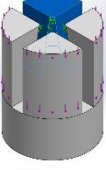
## Información de modelo



Nombre del modelo: piezagarre-elementos-finitos  
Configuración actual: Predeterminado

### Sólidos

Nombre de documento y referencia	Tratado como	Propiedades volumétricas	Ruta al documento/Fecha de modificación
Cortar-Revolución2[4] 	Sólido	Masa:0.000647255 kg Volumen:6.34563e-007 m <sup>3</sup> Densidad:1020 kg/m <sup>3</sup> Peso:0.0063431 N	E:\TFG\diseño\actualizado \piezagarre-elementos-finitos.SLDPRT Jun 15 20:39:42 2017
Cortar-Extruir3 	Sólido	Masa:0.00205475 kg Volumen:2.01446e-006 m <sup>3</sup> Densidad:1020 kg/m <sup>3</sup> Peso:0.0201365 N	E:\TFG\diseño\actualizado \piezagarre-elementos-finitos.SLDPRT Jun 15 20:39:42 2017

<p>Cortar-Revolución2[2]</p> 	Sólido	<p>Masa:0.000647255 kg  Volumen:6.34563e-007 m<sup>3</sup>  Densidad:1020 kg/m<sup>3</sup>  Peso:0.0063431 N</p>	<p>E:\TFG\diseño\actualizado  \piezagarre-elementos-  finitos.SLDPRT  Jun 15 20:39:42 2017</p>
<p>Cortar-Revolución2[3]</p> 	Sólido	<p>Masa:0.000647255 kg  Volumen:6.34563e-007 m<sup>3</sup>  Densidad:1020 kg/m<sup>3</sup>  Peso:0.0063431 N</p>	<p>E:\TFG\diseño\actualizado  \piezagarre-elementos-  finitos.SLDPRT  Jun 15 20:39:42 2017</p>
<p>Cortar-Revolución2[1]</p> 	Sólido	<p>Masa:0.000647255 kg  Volumen:6.34563e-007 m<sup>3</sup>  Densidad:1020 kg/m<sup>3</sup>  Peso:0.0063431 N</p>	<p>E:\TFG\diseño\actualizado  \piezagarre-elementos-  finitos.SLDPRT  Jun 15 20:39:42 2017</p>

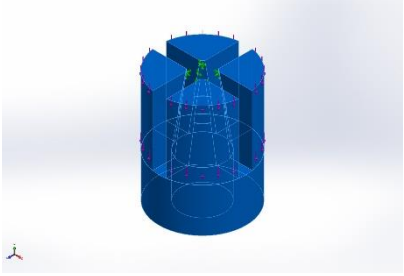
## Propiedades de estudio

Nombre de estudio	Análisis estático 2
Tipo de análisis	Análisis estático
Tipo de malla	Malla sólida
Efecto térmico:	Activar
Opción térmica	Incluir cargas térmicas
Temperatura a tensión cero	298 Kelvin
Incluir los efectos de la presión de fluidos desde SOLIDWORKS Flow Simulation	Desactivar
Tipo de solver	FFEPlus
Efecto de rigidización por tensión (Inplane):	Desactivar
Muelle blando:	Desactivar
Desahogo inercial:	Desactivar
Opciones de unión rígida incompatibles	Automático
Gran desplazamiento	Desactivar
Calcular fuerzas de cuerpo libre	Activar
Fricción	Desactivar
Utilizar método adaptativo:	Desactivar
Carpeta de resultados	Documento de SOLIDWORKS (E:\TFG\diseño\actualizado)

## Unidades

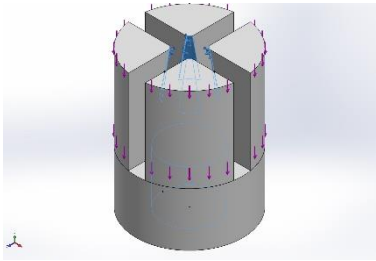
Sistema de unidades:	Métrico (MKS)
Longitud/Desplazamiento	mm
Temperatura	Kelvin
Velocidad angular	Rad/seg
Presión/Tensión	N/m <sup>2</sup>

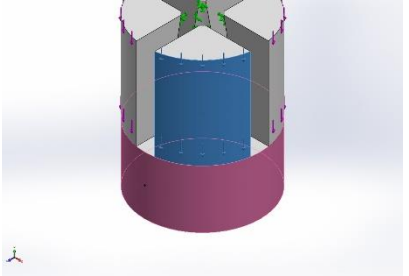
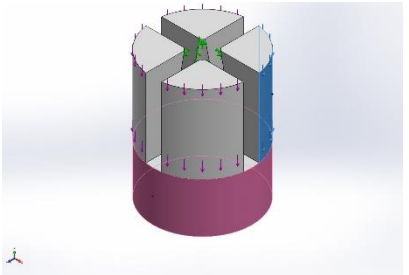
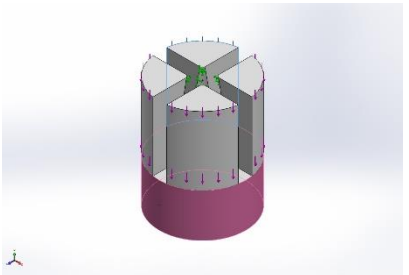
## Propiedades de material

Referencia de modelo	Propiedades	Componentes
	<p>Nombre: ABS</p> <p>Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal</p> <p>Criterio de error predeterminado: Desconocido</p> <p>Límite de tracción: <math>3e+007 \text{ N/m}^2</math></p> <p>Módulo elástico: <math>2e+009 \text{ N/m}^2</math></p> <p>Coefficiente de Poisson: 0.394</p> <p>Densidad: <math>1020 \text{ kg/m}^3</math></p> <p>Módulo cortante: <math>3.189e+008 \text{ N/m}^2</math></p>	<p>Sólido 1(Cortar-Revolución2[4])(piezagarre-elementos-finitos),</p> <p>Sólido 2(Cortar-Extruir3)(piezagarre-elementos-finitos),</p> <p>Sólido 3(Cortar-Revolución2[2])(piezagarre-elementos-finitos),</p> <p>Sólido 4(Cortar-Revolución2[3])(piezagarre-elementos-finitos),</p> <p>Sólido 5(Cortar-Revolución2[1])(piezagarre-elementos-finitos)</p>
Datos de curva:N/A		



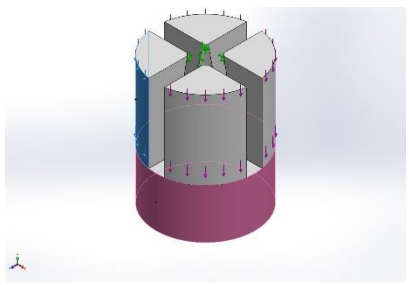
## Cargas y sujeciones

Nombre de sujeción	Imagen de sujeción	Detalles de sujeción		
Fijo-1		Entidades: 1 arista(s), 5 cara(s) Tipo: Geometría fija		
Fuerzas resultantes				
Componentes	X	Y	Z	Resultante
Fuerza de reacción(N)	-0.000831544	323.6	0.000381172	323.6
Momento de reacción(N.m)	0	0	0	0

Nombre de carga	Cargar imagen	Detalles de carga
Fuerza-1		<b>Entidades:</b> 1 cara(s) <b>Referencia:</b> Cara< 1 > <b>Tipo:</b> Aplicar fuerza <b>Valores:</b> ---, ---, 80.9 N
Fuerza-2		<b>Entidades:</b> 1 cara(s) <b>Referencia:</b> Cara< 1 > <b>Tipo:</b> Aplicar fuerza <b>Valores:</b> ---, ---, 80.9 N
Fuerza-3		<b>Entidades:</b> 1 cara(s) <b>Referencia:</b> Cara< 1 > <b>Tipo:</b> Aplicar fuerza <b>Valores:</b> ---, ---, 80.9 N



Fuerza-4



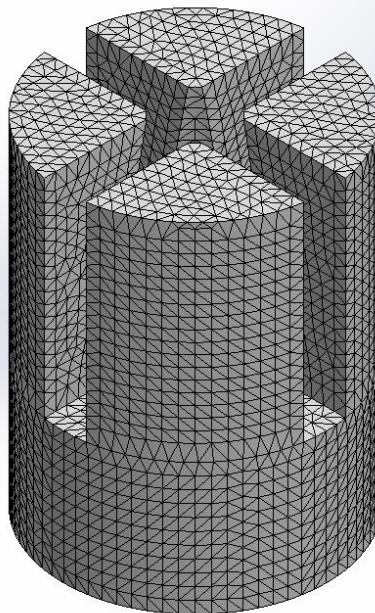
**Entidades:** 1 cara(s)  
**Referencia:** Cara< 1 >  
**Tipo:** Aplicar fuerza  
**Valores:** ---, ---, 80.9 N

## Información de malla

Tipo de malla	Malla sólida
Mallador utilizado:	Malla estándar
Transición automática:	Desactivar
Incluir bucles automáticos de malla:	Desactivar
Puntos jacobianos	4 Puntos
Tamaño de elementos	0.829032 mm
Tolerancia	0.0414516 mm
Trazado de calidad de malla	Elementos cuadráticos de alto orden

## Información de malla - Detalles

Número total de nodos	81769
Número total de elementos	54786
Cociente máximo de aspecto	15.542
% de elementos cuyo cociente de aspecto es < 3	99.7
% de elementos cuyo cociente de aspecto es > 10	0.0456
% de elementos distorsionados (Jacobiana)	0
Tiempo para completar la malla (hh:mm:ss):	00:00:15
Nombre de computadora:	OFITEC00



Producto SOLIDWORKS Educational. Solo para uso en la enseñanza.

## Fuerzas resultantes

### Fuerzas de reacción

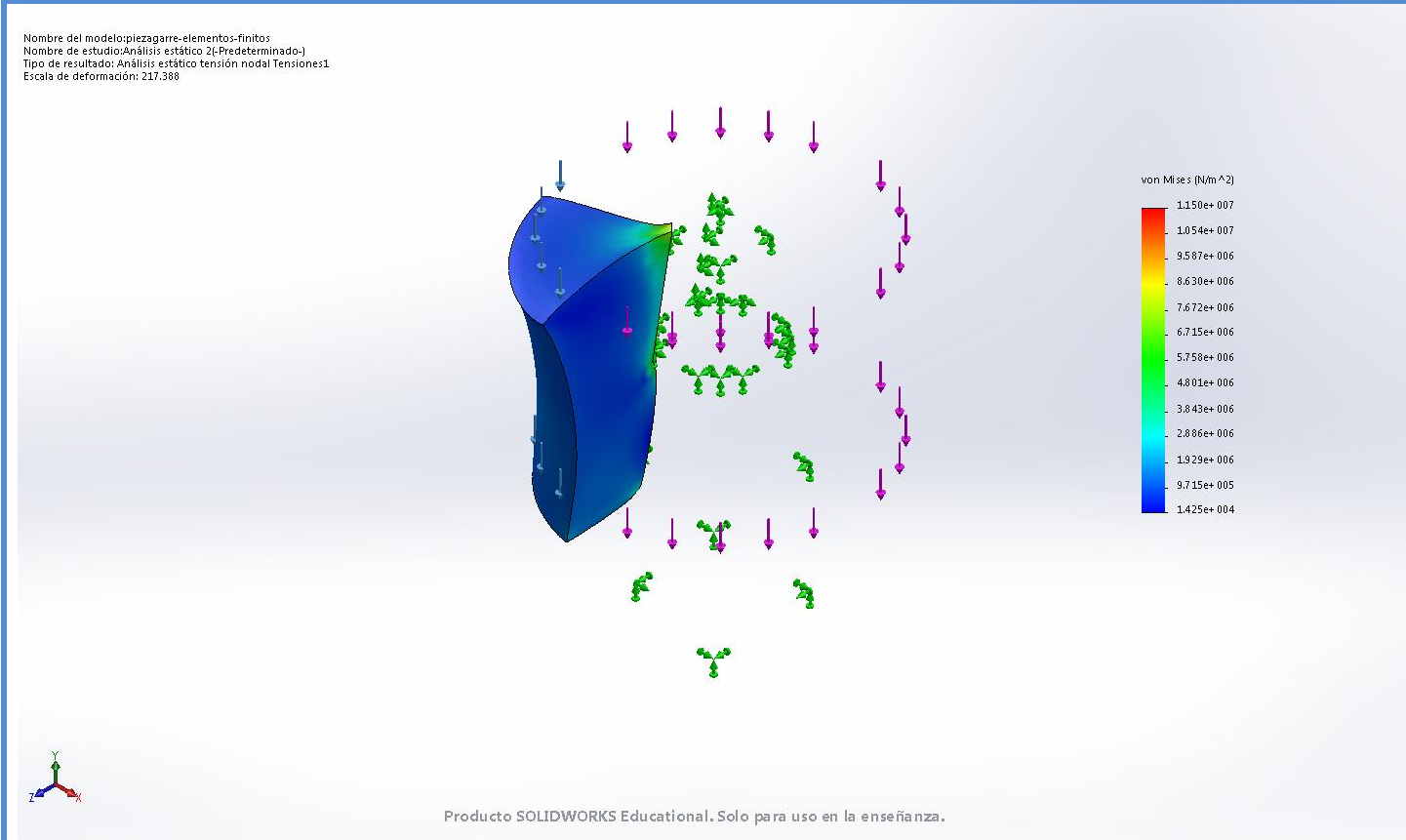
Conjunto de selecciones	Unidades	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultante
Todo el modelo	N	-0.000831544	323.6	0.000381172	323.6

### Momentos de reacción

Conjunto de selecciones	Unidades	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultante
Todo el modelo	N.m	0	0	0	0

Resultados del estudio

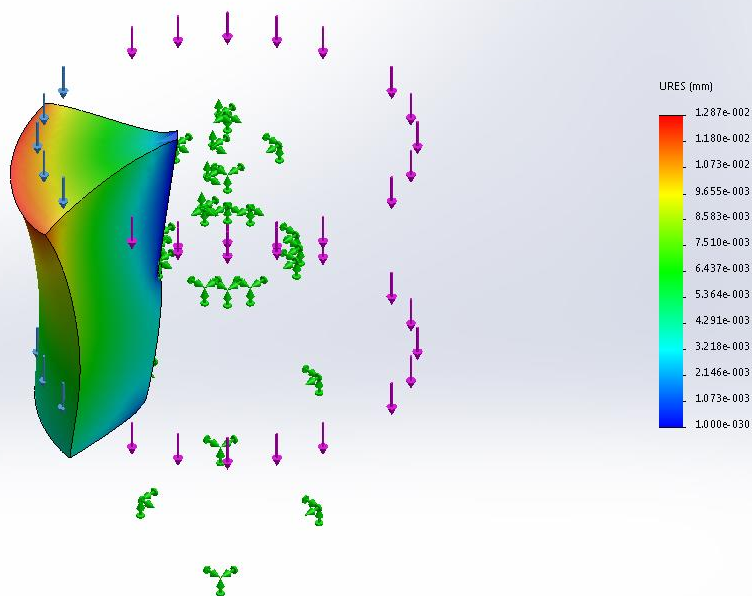
Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Tensiones1	VON: Tensión de von Mises	1.425e+004N/m^2 Nodo: 12848	1.150e+007N/m^2 Nodo: 78224



piezagarre-elementos-finitos-Análisis estático 2-Tensiones-Tensiones1

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Desplazamientos1	URES: Desplazamientos resultantes	0.000e+000mm Nodo: 10	1.287e-002mm Nodo: 81601

Nombre del modelo:piezagarre-elementos-finitos  
 Nombre de estudio:Análisis estático 2-(Predeterminado-)  
 Tipo de resultado: Desplazamiento estático Desplazamientos1  
 Escala de deformación: 217.300

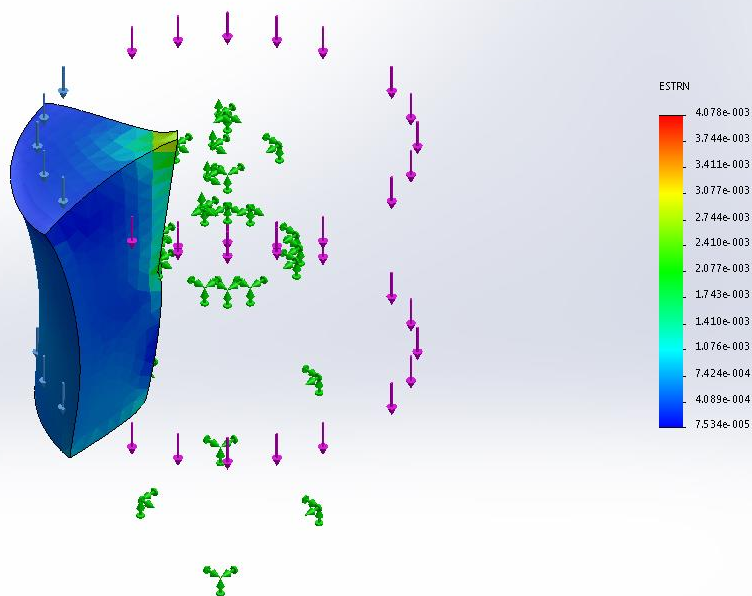


Producto SOLIDWORKS Educational. Solo para uso en la enseñanza.

piezagarre-elementos-finitos-Análisis estático 2-Desplazamientos-Desplazamientos1

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Deformaciones unitarias1	ESTRN: Deformación unitaria equivalente	8.596e-006 Elemento: 21738	4.619e-003 Elemento: 48678

Nombre del modelo:piezagarre-elementos-finitos  
 Nombre de estudio:Análisis estático 2(Predeterminado)  
 Tipo de resultado: Deformación unitaria estática Deformaciones unitarias1  
 Escala de deformación: 217.300

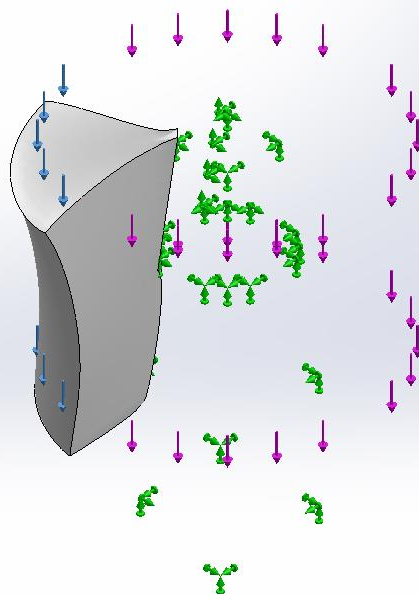


Producto SOLIDWORKS Educational. Solo para uso en la enseñanza.

piezagarre-elementos-finitos-Análisis estático 2-Deformaciones unitarias-Deformaciones unitarias1

Nombre	Tipo
Desplazamientos1{1}	Deformada

Nombre del modelo:piezagarre-elementos-finitos  
Nombre de estudio:Análisis estático 2(Predeterminado)  
Tipo de resultado: Deformada Desplazamientos1{1}  
Escala de deformación: 217.300

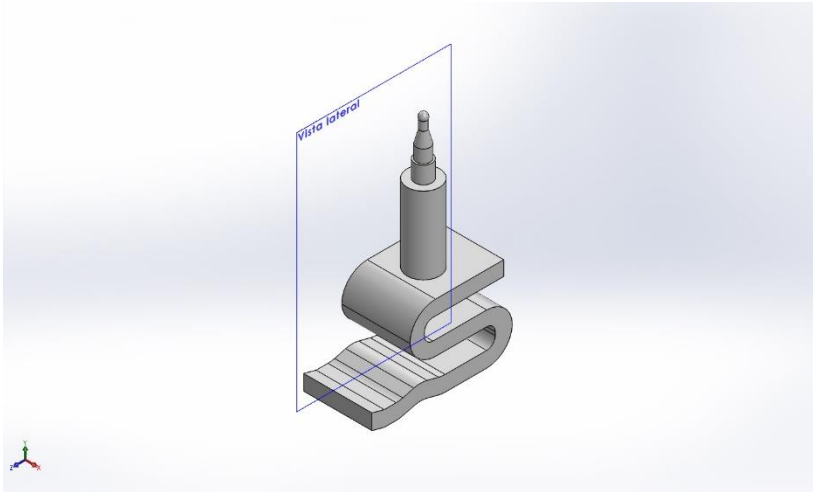


Producto SOLIDWORKS Educational. Solo para uso en la enseñanza.

piezagarre-elementos-finitos-Análisis estático 2-Desplazamientos-Desplazamientos1{1}

## Conclusión





# Simulación de pie dinamico-adaptado-elementos finitos

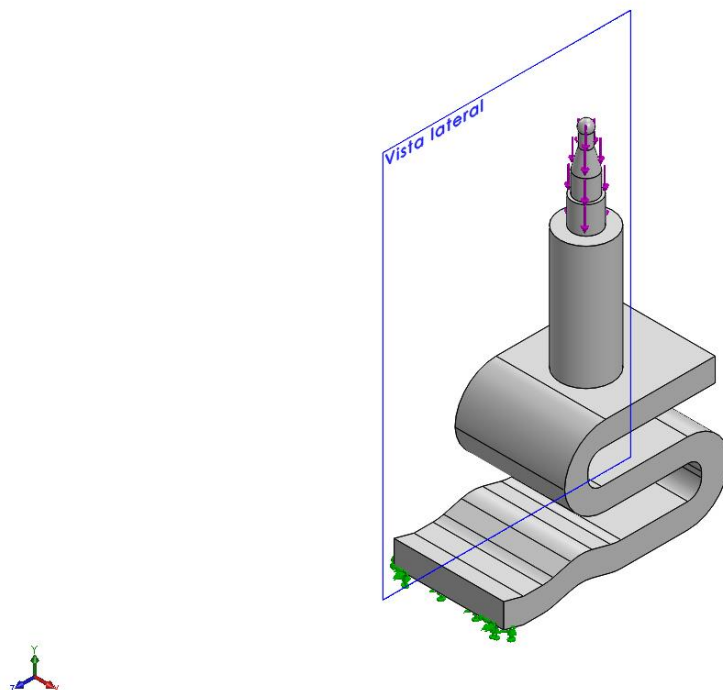
Fecha: viernes, 16 de junio de 2017  
Diseñador: Solidworks  
Nombre de estudio: Análisis estático 1  
Tipo de análisis: Análisis estático

## Tabla de contenidos

Descripción .....	1
Información de modelo .....	2
Propiedades de estudio.....	3
Unidades .....	3
Cargas y sujeciones.....	4
Información de contacto .....	4
Información de malla .....	5
Fuerzas resultantes.....	6
Resultados del estudio .....	7
Conclusión .....	9

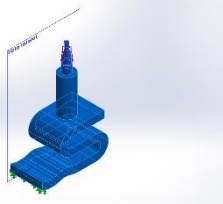
Descripción  
No hay datos

## Información de modelo



Nombre del modelo: pie dinamico-adaptado-elementos finitos  
Configuración actual: Predeterminado

### Sólidos

Nombre de documento y referencia	Tratado como	Propiedades volumétricas	Ruta al documento/Fecha de modificación
<p>Saliente-Extruir14</p> 	Sólido	<p>Masa:0.0867092 kg Volumen:8.5009e-005 m<sup>3</sup> Densidad:1020 kg/m<sup>3</sup> Peso:0.84975 N</p>	<p>E:\TFG\diseño\actualizado \Pie dinamico\pie dinamico-adaptado- elementos finitos.SLDPRT Jun 16 11:51:26 2017</p>



## Propiedades de estudio

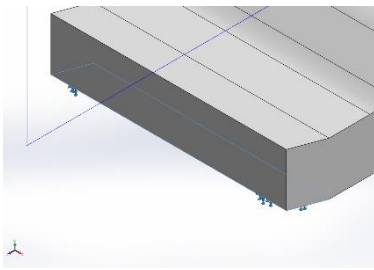
Nombre de estudio	Análisis estático 1
Tipo de análisis	Análisis estático
Tipo de malla	Malla sólida
Efecto térmico:	Activar
Opción térmica	Incluir cargas térmicas
Temperatura a tensión cero	298 Kelvin
Incluir los efectos de la presión de fluidos desde SOLIDWORKS Flow Simulation	Desactivar
Tipo de solver	FFEPlus
Efecto de rigidización por tensión (Inplane):	Desactivar
Muelle blando:	Desactivar
Desahogo inercial:	Desactivar
Opciones de unión rígida incompatibles	Automático
Gran desplazamiento	Activar
Calcular fuerzas de cuerpo libre	Activar
Fricción	Desactivar
Utilizar método adaptativo:	Desactivar
Carpeta de resultados	Documento de SOLIDWORKS (E:\TFG\diseño\actualizado\Pie dinamico)

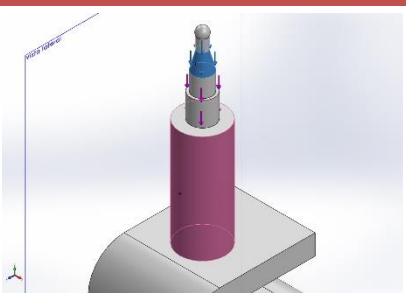
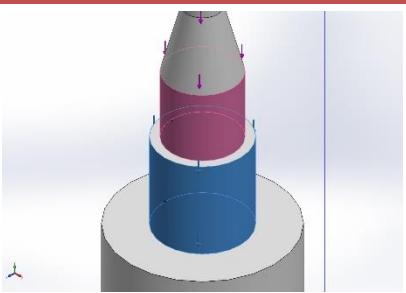
## Unidades

Sistema de unidades:	Métrico (MKS)
Longitud/Desplazamiento	mm
Temperatura	Kelvin
Velocidad angular	Rad/seg
Presión/Tensión	N/m <sup>2</sup>



## Cargas y sujeciones

Nombre de sujeción	Imagen de sujeción	Detalles de sujeción			
Fijo-1		Entidades: 1 cara(s) Tipo: Geometría fija			
Fuerzas resultantes					
Componentes	X	Y	Z	Resultante	
Fuerza de reacción(N)	0.000102997	337.668	-0.000656128	337.668	
Momento de reacción(N.m)	0	0	0	0	

Nombre de carga	Cargar imagen	Detalles de carga		
Fuerza-1		<b>Entidades:</b> 1 cara(s) <b>Referencia:</b> Cara< 1 > <b>Tipo:</b> Aplicar fuerza <b>Valores:</b> ---, ---, 168.81 N		
Fuerza-2		<b>Entidades:</b> 1 cara(s) <b>Referencia:</b> Cara< 1 > <b>Tipo:</b> Aplicar fuerza <b>Valores:</b> ---, ---, 168.86 N		

## Información de contacto

No hay datos

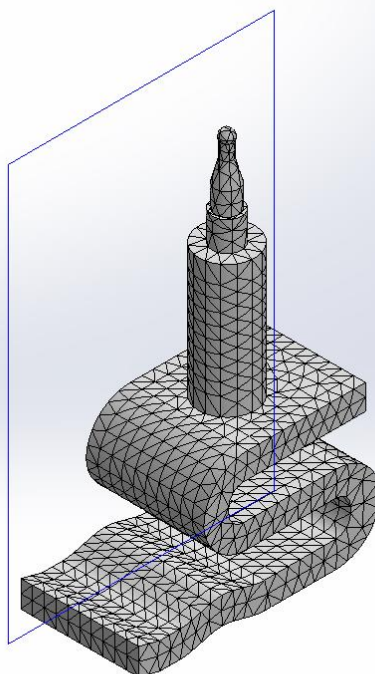
## Información de malla

Tipo de malla	Malla sólida
Mallador utilizado:	Malla estándar
Transición automática:	Desactivar
Incluir bucles automáticos de malla:	Desactivar
Puntos jacobianos	4 Puntos
Tamaño de elementos	4.39836 mm
Tolerancia	0.219918 mm
Trazado de calidad de malla	Elementos cuadráticos de alto orden

## Información de malla - Detalles

Número total de nodos	14926
Número total de elementos	8893
Cociente máximo de aspecto	10.124
% de elementos cuyo cociente de aspecto es < 3	99.5
% de elementos cuyo cociente de aspecto es > 10	0.0112
% de elementos distorsionados (Jacobiana)	0
Tiempo para completar la malla (hh:mm:ss):	00:00:07
Nombre de computadora:	OFITEC00

Nombre del modelo: pie dinámico-adaptado-elementos finitos  
Nombre de estudio: Análisis estático 1 (-Predefinido-)  
Tipo de malla: Malla sólida



Producto SOLIDWORKS Educational. Solo para uso en la enseñanza.



SOLIDWORKS

Analizado con SOLIDWORKS Simulation

Simulación de pie dinámico-adaptado-elementos finitos

## Fuerzas resultantes

### Fuerzas de reacción

Conjunto de selecciones	Unidades	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultante
Todo el modelo	N	0.000102997	337.668	-0.000656128	337.668

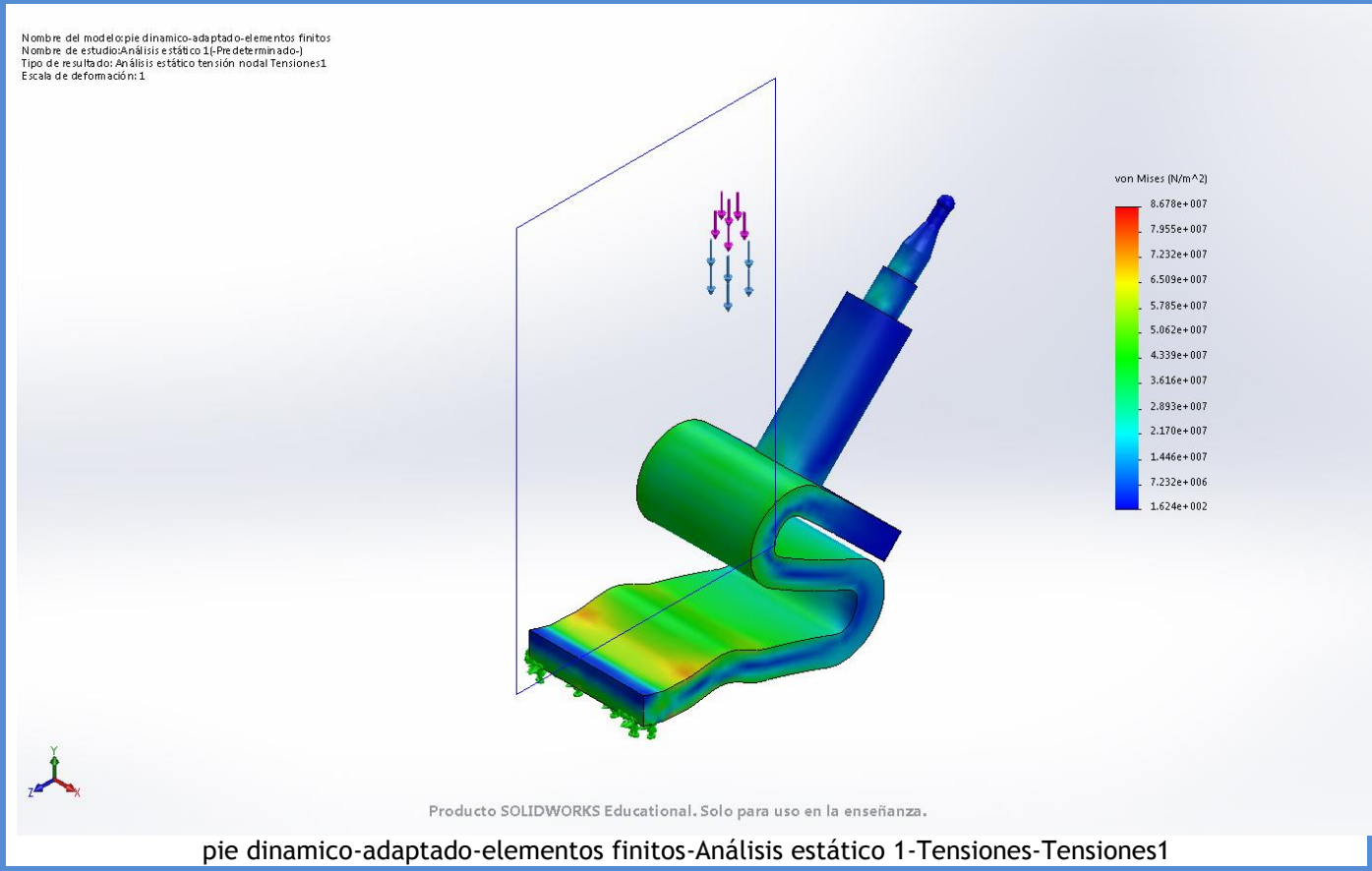
### Momentos de reacción

Conjunto de selecciones	Unidades	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultante
Todo el modelo	N.m	0	0	0	0



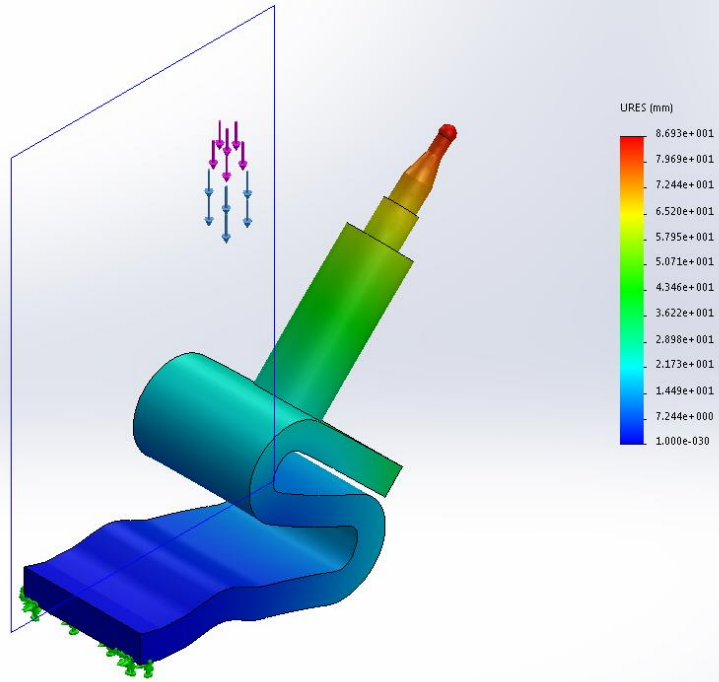
Resultados del estudio

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Tensiones1	VON: Tensión de von Mises	1.624e+002N/m^2 Nodo: 14604	8.678e+007N/m^2 Nodo: 12965



Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Desplazamientos1	URES: Desplazamientos resultantes	0.000e+000mm Nodo: 275	8.693e+001mm Nodo: 14601

Nombre del modelo: pie dinamico-adaptado-elementos finitos  
 Nombre de estudio: Análisis estático 1 (Pre-determinado)  
 Tipo de resultado: Desplazamiento estático Desplazamientos1  
 Escala de deformación: 1

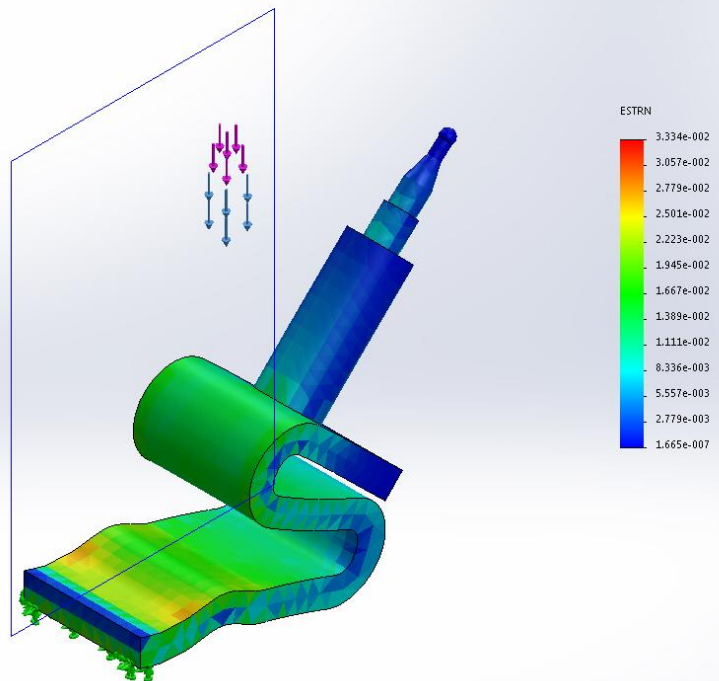


Producto SOLIDWORKS Educational. Solo para uso en la enseñanza.

pie dinamico-adaptado-elementos finitos-Análisis estático 1-Desplazamientos-Desplazamientos1

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Deformaciones unitarias1	ESTRN: Deformación unitaria equivalente	1.665e-007 Elemento: 2223	3.334e-002 Elemento: 3744

Nombre del modelo: pie dinamico-adaptado-elementos finitos  
 Nombre de estudio: Análisis estático 1 (Pre-determinado)  
 Tipo de resultado: Deformación unitaria estática Deformaciones unitarias1  
 Escala de deformación: 1



Producto SOLIDWORKS Educational. Solo para uso en la enseñanza.



SOLIDWORKS

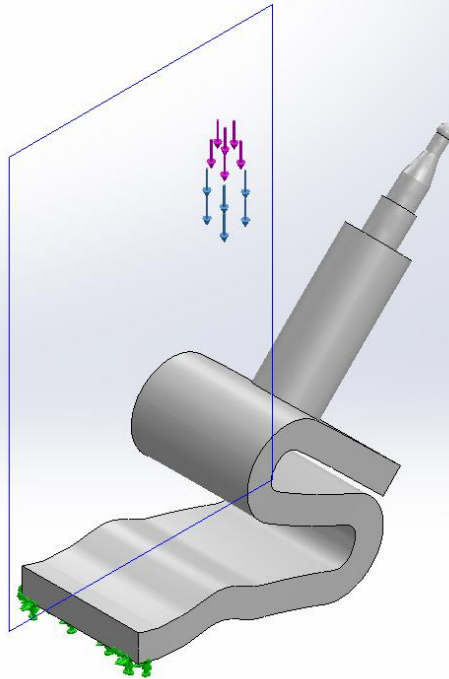
Analizado con SOLIDWORKS Simulation

Simulación de pie dinamico-adaptado-elementos finitos



Nombre	Tipo
Desplazamientos1{1}	Deformada

Nombre del modelo: pie dinamico-adaptado-elementos finitos  
 Nombre de estudio: Análisis estático 1 (Pre-determinado)  
 Tipo de resultado: Deformada Desplazamientos1{1}  
 Escala de deformación: 1

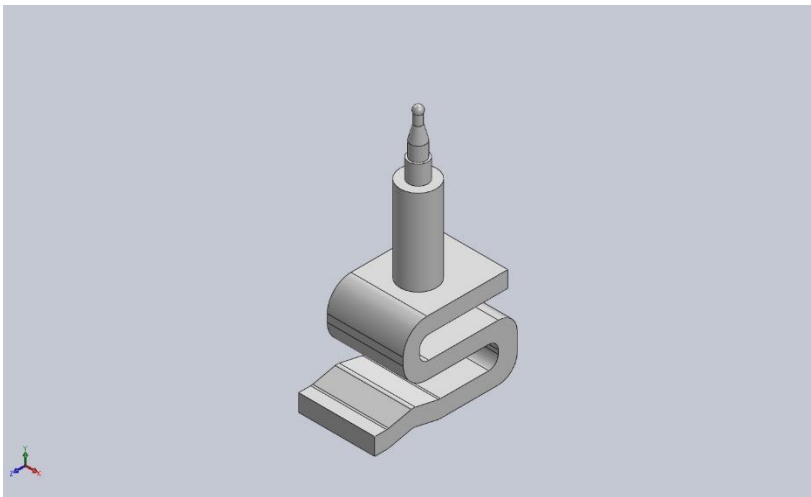


Producto SOLIDWORKS Educational. Solo para uso en la enseñanza.

pie dinamico-adaptado-elementos finitos-Análisis estático 1-Desplazamientos-Desplazamientos1{1}

## Conclusión





# Simulación de pie dinámico-peso-perro

**Fecha:** lunes, 19 de junio de 2017

**Diseñador:** Solidworks

**Nombre de estudio:** Análisis estático 2

**Tipo de análisis:** Análisis estático

## Tabla de contenidos

Descripción ..... ¡Error! Marcador no definido.

Información de modelo ..... 2

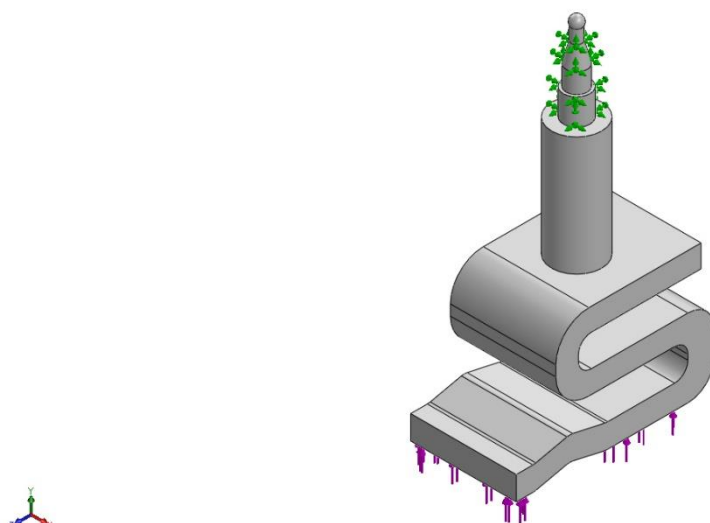
Propiedades de material ..... 3

Información de malla ..... 4

Fuerzas resultantes..... 5

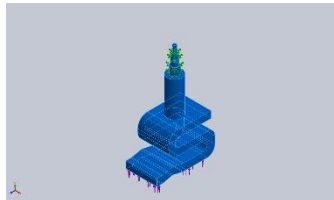
Resultados del estudio ..... 6

## Información de modelo



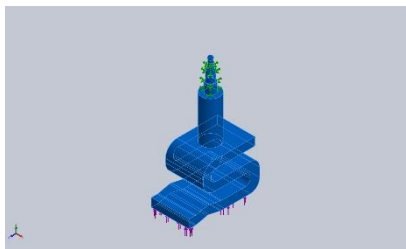
Nombre del modelo: pie dinamico-adaptado-elementos finitos2  
Configuración actual: Predeterminado

### Sólidos

Nombre de documento y referencia	Tratado como	Propiedades volumétricas	Ruta al documento/Fecha de modificación
Redondeo6 	Sólido	Masa:0.0874241 kg Volumen:8.57099e-005 m <sup>3</sup> Densidad:1020 kg/m <sup>3</sup> Peso:0.856756 N	E:\TFG\diseño\actualizado \Pie dinamico\pie dinamico-adaptado- elementos finitos2.SLDPRT Jun 17 10:59:48 2017



## Propiedades de material

Referencia de modelo	Propiedades	Componentes
	<p> <b>Nombre:</b> ABS  <b>Tipo de modelo:</b> Isotrópico elástico lineal  <b>Criterio de error predeterminado:</b> Desconocido  <b>Límite de tracción:</b> 3e+007 N/m<sup>2</sup>  <b>Módulo elástico:</b> 2e+009 N/m<sup>2</sup>  <b>Coeficiente de Poisson:</b> 0.394  <b>Densidad:</b> 1020 kg/m<sup>3</sup>  <b>Módulo cortante:</b> 3.189e+008 N/m<sup>2</sup> </p>	Sólido 1(Redondeo6)(pie dinamico-adaptado-elementos finitos2)
Datos de curva:N/A		



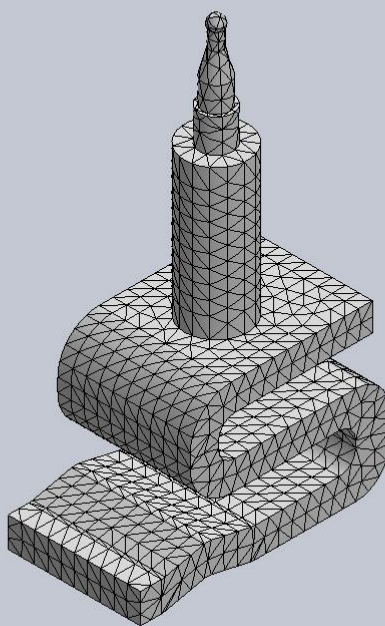
## Información de malla

Tipo de malla	Malla sólida
Mallador utilizado:	Malla estándar
Transición automática:	Desactivar
Incluir bucles automáticos de malla:	Desactivar
Puntos jacobianos	4 Puntos
Tamaño de elementos	4.30015 mm
Tolerancia	0.215008 mm
Trazado de calidad de malla	Elementos cuadráticos de alto orden

## Información de malla - Detalles

Número total de nodos	16024
Número total de elementos	9676
Cociente máximo de aspecto	13.028
% de elementos cuyo cociente de aspecto es < 3	98.1
% de elementos cuyo cociente de aspecto es > 10	0.0207
% de elementos distorsionados (Jacobiana)	0
Tiempo para completar la malla (hh:mm:ss):	00:00:10
Nombre de computadora:	OFITEC09

Nombre del modelo: pie dinamico-adaptado-elementos finitos2  
Nombre de estudio: Análisis estático 2(-Predeterminado-)  
Tipo de malla: Malla sólida



Producto SOLIDWORKS Educational. Solo para uso en la enseñanza.



SOLIDWORKS

Analizado con SOLIDWORKS Simulation

Simulación de pie dinamico-adaptado-elementos finitos2

## Fuerzas resultantes

### Fuerzas de reacción

Conjunto de selecciones	Unidades	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultante
Todo el modelo	N	2.87219e-005	-1.99992	-3.78894e-005	1.99992

### Momentos de reacción

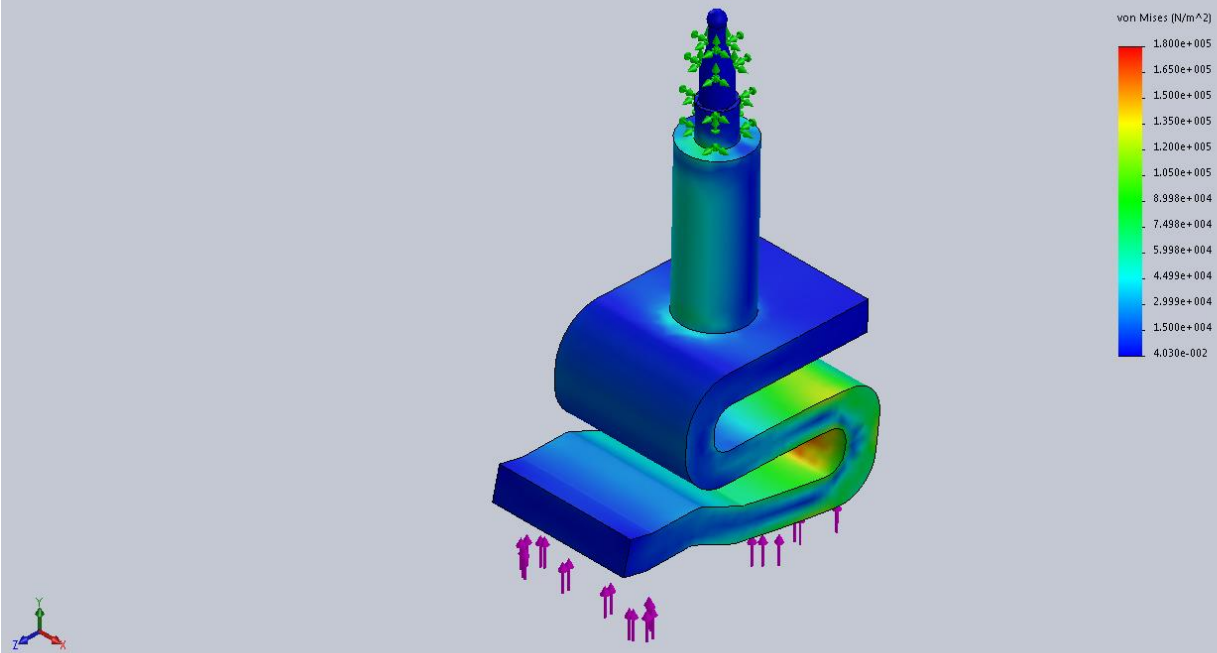
Conjunto de selecciones	Unidades	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultante
Todo el modelo	N.m	0	0	0	0



## Resultados del estudio

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Tensiones1	VON: Tensión de von Mises	4.030e-002N/m <sup>2</sup> Nodo: 15707	1.800e+005N/m <sup>2</sup> Nodo: 9715

Nombre del modelo: pie dinamico-adaptado-elementos finitos2  
Nombre de estudio: Análisis estático 2-(Predeterminado-)  
Tipo de resultado: Análisis estático tensión nodal Tensiones1  
Escala de deformación: 224,755

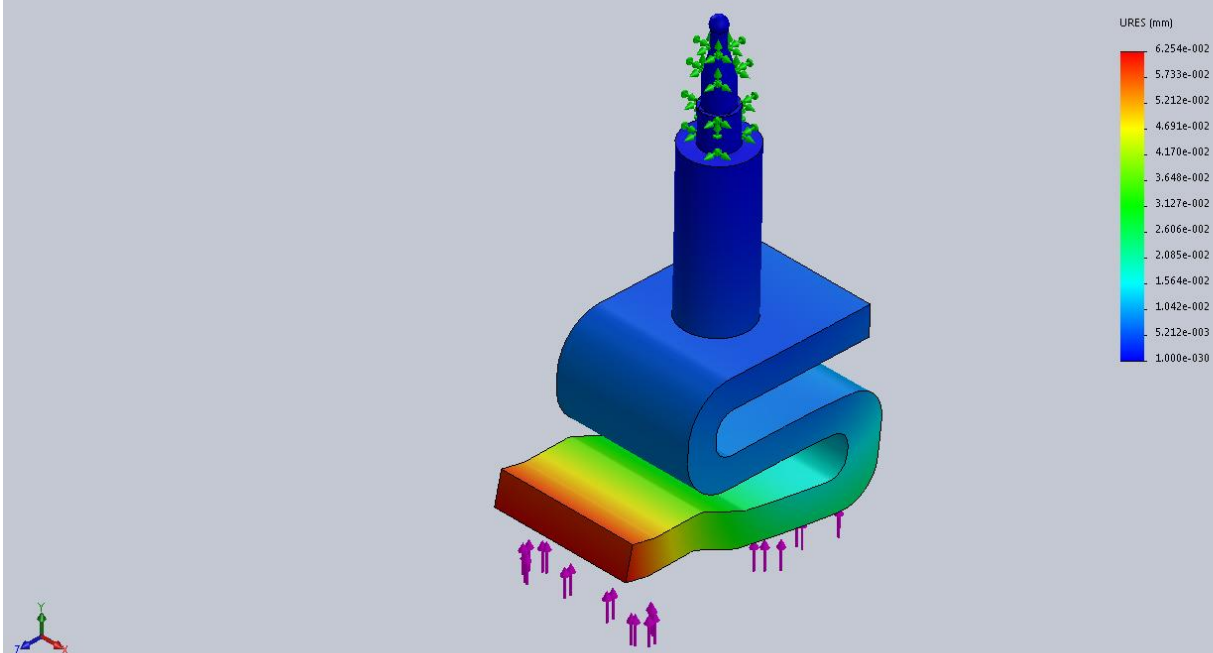


Producto SOLIDWORKS Educational. Solo para uso en la enseñanza.

pie dinamico-adaptado-elementos finitos2-Análisis estático 2-Tensiones-Tensiones1

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Desplazamientos1	URES: Desplazamientos resultantes	0.000e+000mm Nodo: 1	6.254e-002mm Nodo: 305

Nombre del modelo: pie dinamico-adaptado-elementos finitos2  
 Nombre de estudio: Análisis estático 2 (Predeterminado)  
 Tipo de resultado: Desplazamiento estático Desplazamientos1  
 Escala de deformación: 224.755



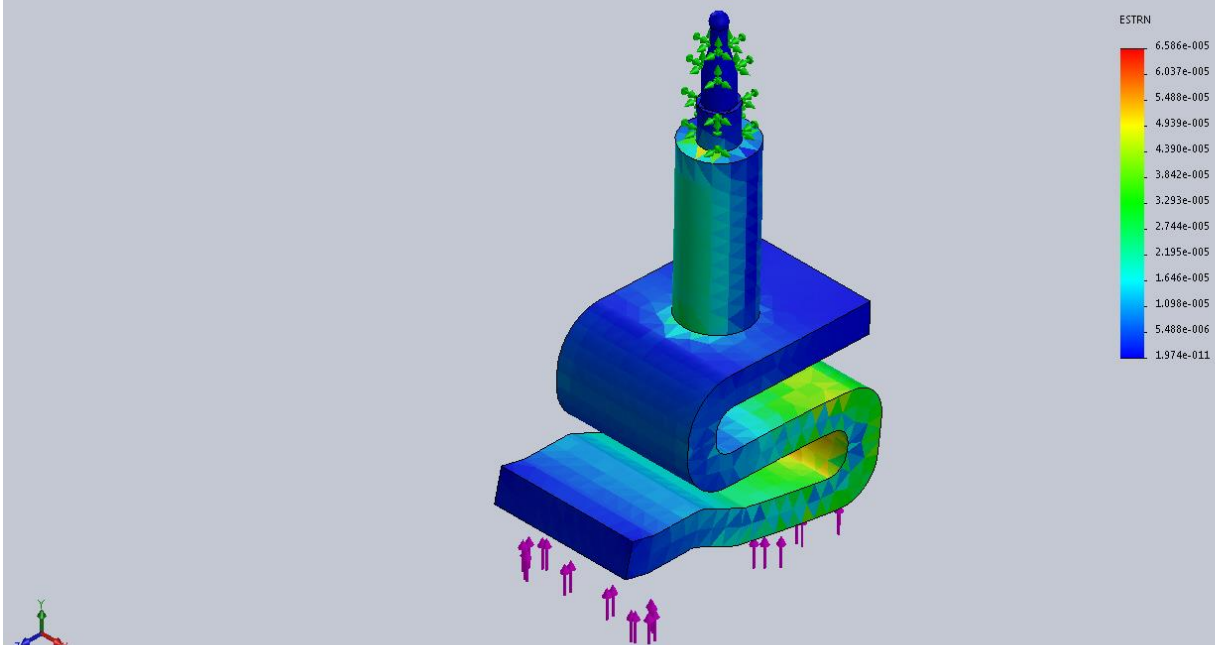
Producto SOLIDWORKS Educational. Solo para uso en la enseñanza.

pie dinamico-adaptado-elementos finitos2-Análisis estático 2-Desplazamientos-Desplazamientos1

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Deformaciones unitarias1	ESTRN: Deformación unitaria equivalente	1.974e-011 Elemento: 2038	6.586e-005 Elemento: 1728

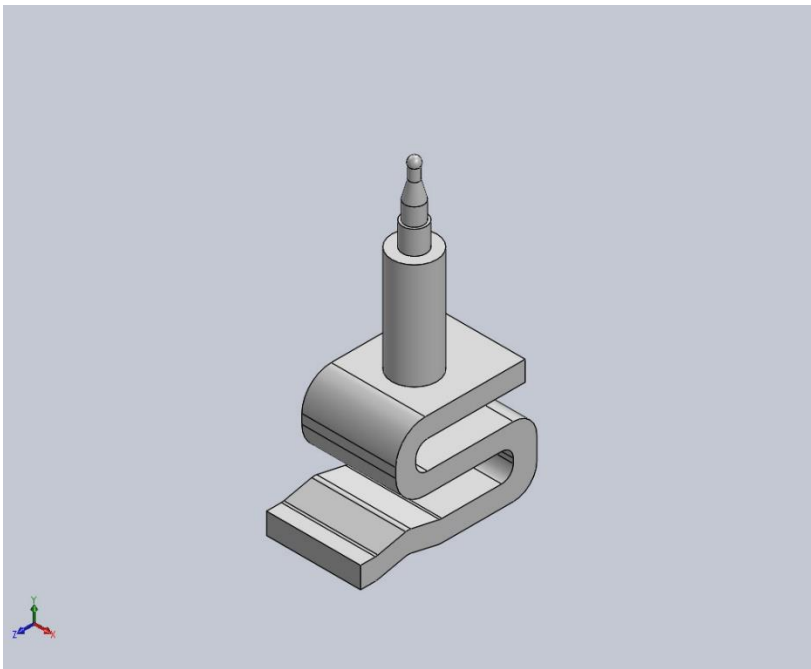


Nombre del modelo: pie dinamico-adaptado-elementos finitos2  
Nombre de estudio: Análisis estático 2 (Predeterminado-)  
Tipo de resultado: Deformación unitaria estática Deformaciones unitarias1  
Escala de deformación: 224.755



pie dinamico-adaptado-elementos finitos2-Análisis estático 2-Deformaciones unitarias-Deformaciones unitarias1





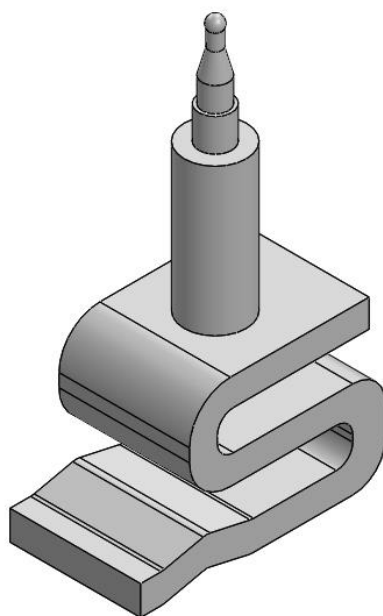
# Simulación de pie dinámico-adaptado-elementos finitos2

Fecha: sábado, 17 de junio de 2017  
Diseñador: Solidworks  
Nombre de estudio: Fatiga 1  
Tipo de análisis: Fatiga(Amplitud constante)

## Tabla de contenidos

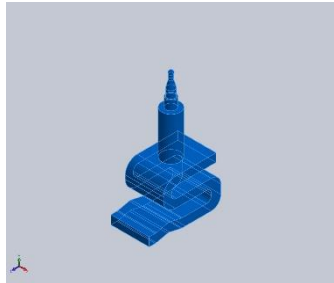
Descripción .....	¡Error! Marcador no definido.
Suposiciones .....	¡Error! Marcador no definido.
Información de modelo .....	2
Propiedades de estudio .....	3
Unidades .....	3
Propiedades de material .....	4
Opciones de carga .....	4
Resultados del estudio .....	5
Conclusión .....	6

## Información de modelo



Nombre del modelo: pie dinamico-adaptado-elementos finitos2  
Configuración actual: Predeterminado

### Sólidos

Nombre de documento y referencia	Tratado como	Propiedades volumétricas	Ruta al documento/Fecha de modificación
Redondeo6 	Sólido	Masa:0.0874241 kg Volumen:8.57099e-005 m <sup>3</sup> Densidad:1020 kg/m <sup>3</sup> Peso:0.856756 N	E:\TFG\diseño\actualizado \Pie dinamico\pie dinamico-adaptado- elementos finitos2.SLDPRT Jun 16 18:13:30 2017



## Propiedades de estudio

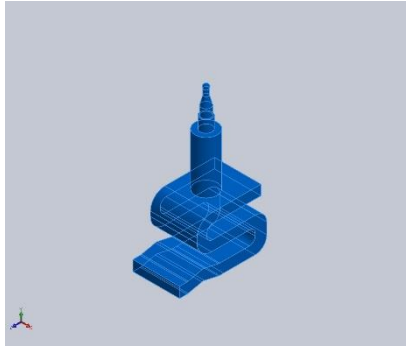
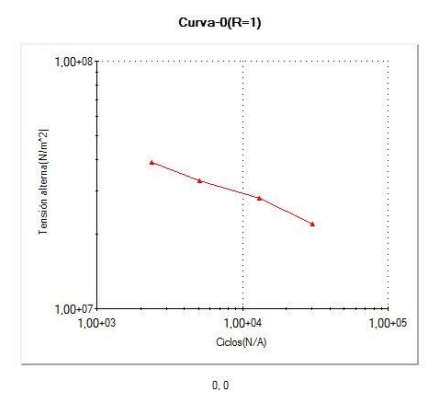
Nombre de estudio	Fatiga 1
Tipo de análisis	Fatiga (Amplitud constante)
Interacción entre sucesos	Aleatoria
Calcular tensiones alternas usando	Intensidad de tensión (P1-P3)
Cara de elemento SHELL	Cara superior
Corrección de la tensión media	Ninguno
Factor de reducción de resistencia a la fatiga	1
Vida infinita	Desactivar
Carpeta de resultados	Documento de SOLIDWORKS (E:\TFG\diseño\actualizado\Pie dinamico)

## Unidades

Sistema de unidades:	Métrico (MKS)
Longitud/Desplazamiento	mm
Temperatura	Kelvin
Velocidad angular	Rad/seg
Presión/Tensión	N/m <sup>2</sup>



## Propiedades de material

Referencia de modelo	Propiedades	Componentes
	<p><b>Nombre:</b> ABS</p> <p><b>Tipo de modelo:</b> Isotrópico elástico lineal</p> <p><b>Criterio de error predeterminado:</b> Desconocido</p>	Sólido 1(Redondeo6)(pie dinamico-adaptado-elementos finitos2)
<p>Datos de curva:</p> <div>  <p>Curva-0(R=1)</p> </div>		

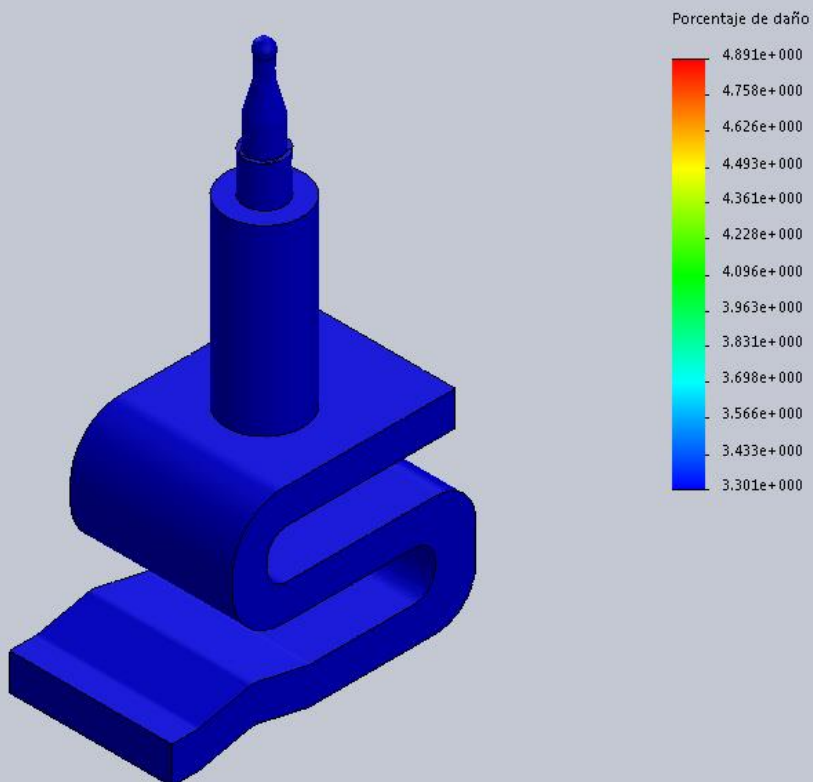
## Opciones de carga

Nombre del evento	N.º de ciclos	Tipo de carga	Asociación de estudios		
			Nombre de estudio	Factor de escala	Incremento
Suceso-1	1000	Completamente invertida (LR=-1)	Análisis estático 1	1	0

## Resultados del estudio

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Resultados1	Daño acumulado	3.301e+000 Nodo: 1	4.891e+000 Nodo: 9858

Nombre del modelo: pie dinamico-adaptado-elementos finitos2  
Nombre de estudio: Fatiga 1(-Predeterminado-)  
Tipo de resultado: Fatiga(Daño) Resultados1



Producto SOLIDWORKS Educational. Solo para uso en la enseñanza.

pie dinamico-adaptado-elementos finitos2-Fatiga 1-Resultados-Resultados1

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Resultados2	Vida total	2.045e+004ciclos Nodo: 9858	3.030e+004ciclos Nodo: 1

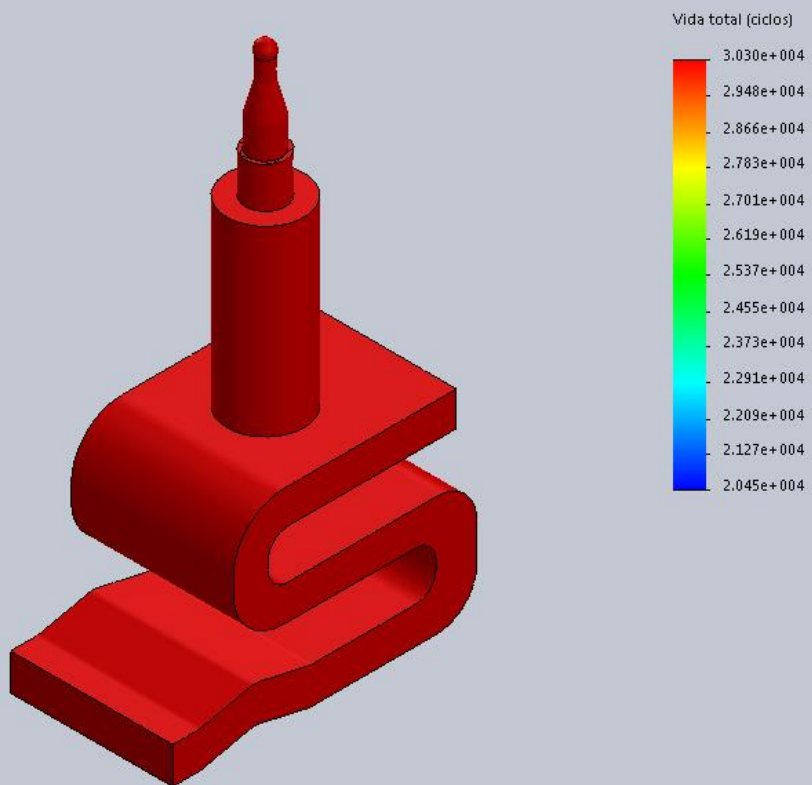


SOLIDWORKS

Analizado con SOLIDWORKS Simulation

Simulación de pie dinamico-adaptado-elementos finitos2

Nombre del modelo: pie dinamico-adaptado-elementos finitos2  
Nombre de estudio: Fatiga 1(-Predeterminado-)  
Tipo de resultado: Fatiga(Vida) Resultados2



Producto SOLIDWORKS Educational. Solo para uso en la enseñanza.

pie dinamico-adaptado-elementos finitos2-Fatiga 1-Resultados-Resultados2

## Conclusión



# Simulación de pie dinámico-adaptado-elementos finitos2

Fecha: sábado, 17 de junio de 2017  
Diseñador: Solidworks  
Nombre de estudio: Pandeo 1  
Tipo de análisis: Pandeo

## Tabla de contenidos

Descripción .....	1
Suposiciones .....	2
Información de modelo .....	2
Propiedades de estudio.....	3
Unidades .....	3
Propiedades de material .....	4
Cargas y sujeciones.....	5
Definiciones de conector¡Error! Marcador no def	
Información de contacto¡Error! Marcador no defi	
Información de malla .....	6
Detalles del sensor .....	7
Resultados del estudio.....	8
Conclusión .....	¡Error! Marcador no definido.

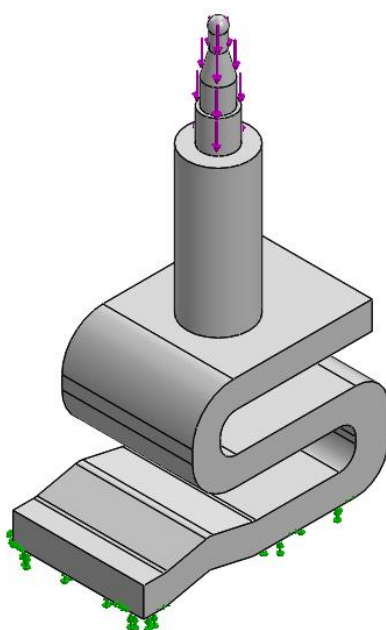
## Descripción

No hay datos



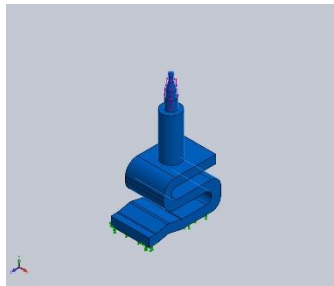
## Suposiciones

### Información de modelo



Nombre del modelo: pie dinamico-adaptado-elementos finitos2  
Configuración actual: Predeterminado

#### Sólidos

Nombre de documento y referencia	Tratado como	Propiedades volumétricas	Ruta al documento/Fecha de modificación
Redondeo6 	Sólido	Masa:0.0874241 kg Volumen:8.57099e-005 m <sup>3</sup> Densidad:1020 kg/m <sup>3</sup> Peso:0.856756 N	E:\TFG\diseño\actualizado \Pie dinamico\pie dinamico-adaptado- elementos finitos2.SLDPRT Jun 17 10:59:48 2017



SOLIDWORKS

Analizado con SOLIDWORKS Simulation

Simulación de pie dinamico-adaptado-elementos  
finitos2

## Propiedades de estudio

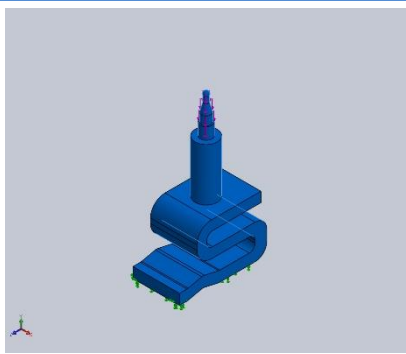
Nombre de estudio	Pandeo 1
Tipo de análisis	Pandeo
Tipo de malla	Malla sólida
Número de modos	1
Tipo de solver	FFEPlus
Opciones de unión rígida incompatibles	Automático
Efecto térmico:	Activar
Opción térmica	Incluir cargas térmicas
Temperatura a tensión cero	298 Kelvin
Incluir los efectos de la presión de fluidos desde SOLIDWORKS Flow Simulation	Desactivar
Muelle blando:	Desactivar
Carpeta de resultados	Documento de SOLIDWORKS (E:\TFG\diseño\actualizado\Pie dinamico)

## Unidades

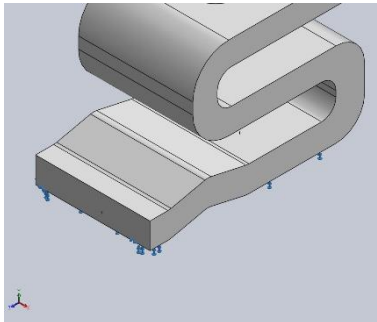
Sistema de unidades:	Métrico (MKS)
Longitud/Desplazamiento	mm
Temperatura	Kelvin
Velocidad angular	Rad/seg
Presión/Tensión	N/m <sup>2</sup>

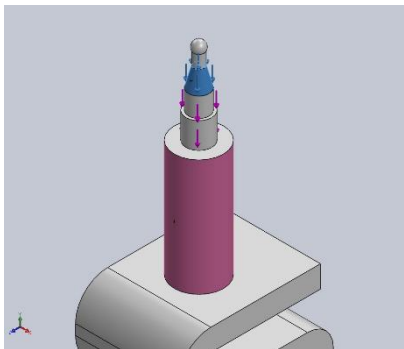
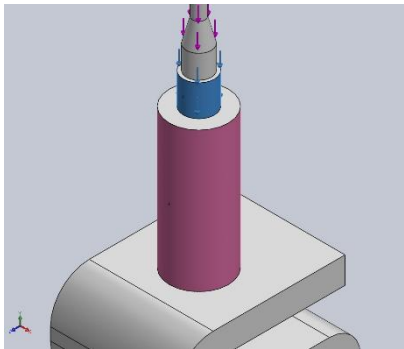


## Propiedades de material

Referencia de modelo	Propiedades	Componentes
	<p>Nombre: ABS</p> <p>Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal</p> <p>Criterio de error predeterminado: Desconocido</p> <p>Límite de tracción: <math>3e+007 \text{ N/m}^2</math></p> <p>Densidad: <math>1020 \text{ kg/m}^3</math></p> <p>Módulo elástico: <math>2e+009 \text{ N/m}^2</math></p> <p>Coefficiente de Poisson: 0.394</p>	Sólido 1(Redondeo6)(pie dinamico-adaptado-elementos finitos2)
Datos de curva:N/A		

## Cargas y sujeciones

Nombre de sujeción	Imagen de sujeción	Detalles de sujeción
Fijo-1		<b>Entidades:</b> 2 cara(s) <b>Tipo:</b> Geometría fija

Nombre de carga	Cargar imagen	Detalles de carga
Fuerza-1		<b>Entidades:</b> 1 cara(s) <b>Referencia:</b> Cara< 1 > <b>Tipo:</b> Aplicar fuerza <b>Valores:</b> ---, ---, 166.8 N
Fuerza-2		<b>Entidades:</b> 1 cara(s) <b>Referencia:</b> Cara< 1 > <b>Tipo:</b> Aplicar fuerza <b>Valores:</b> ---, ---, 168 N

## Información de malla

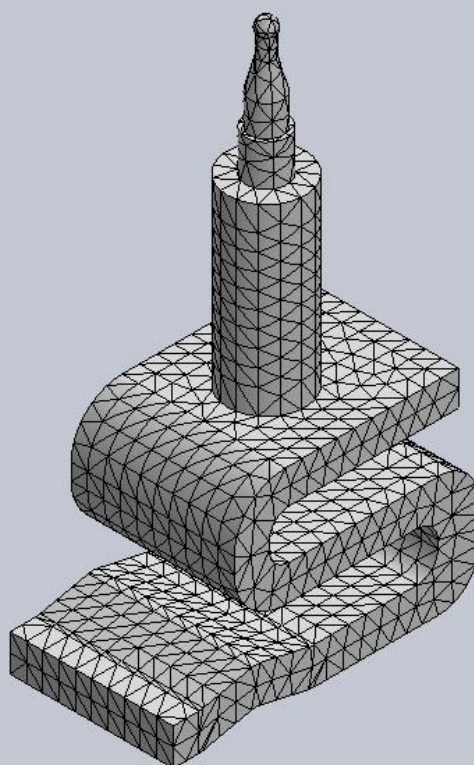
Tipo de malla	Malla sólida
Mallador utilizado:	Malla estándar
Transición automática:	Desactivar
Incluir bucles automáticos de malla:	Desactivar
Puntos jacobianos	4 Puntos
Tamaño de elementos	4.41041 mm
Tolerancia	0.220521 mm
Trazado de calidad de malla	Elementos cuadráticos de alto orden

## Información de malla - Detalles

Número total de nodos	15049
Número total de elementos	9015
Cociente máximo de aspecto	7.935
% de elementos cuyo cociente de aspecto es < 3	98
% de elementos cuyo cociente de aspecto es > 10	0
% de elementos distorsionados (Jacobiana)	0
Tiempo para completar la malla (hh:mm:ss):	00:00:04
Nombre de computadora:	AULA4EQ09



Nombre del modelo: pie dinamico-adaptado-elementos finitos2  
Nombre de estudio: Pandeo 1(-Predeterminado-)  
Tipo de malla: Malla sólida



Producto SOLIDWORKS Educational. Solo para uso en la enseñanza.

## Detalles del sensor

No hay datos



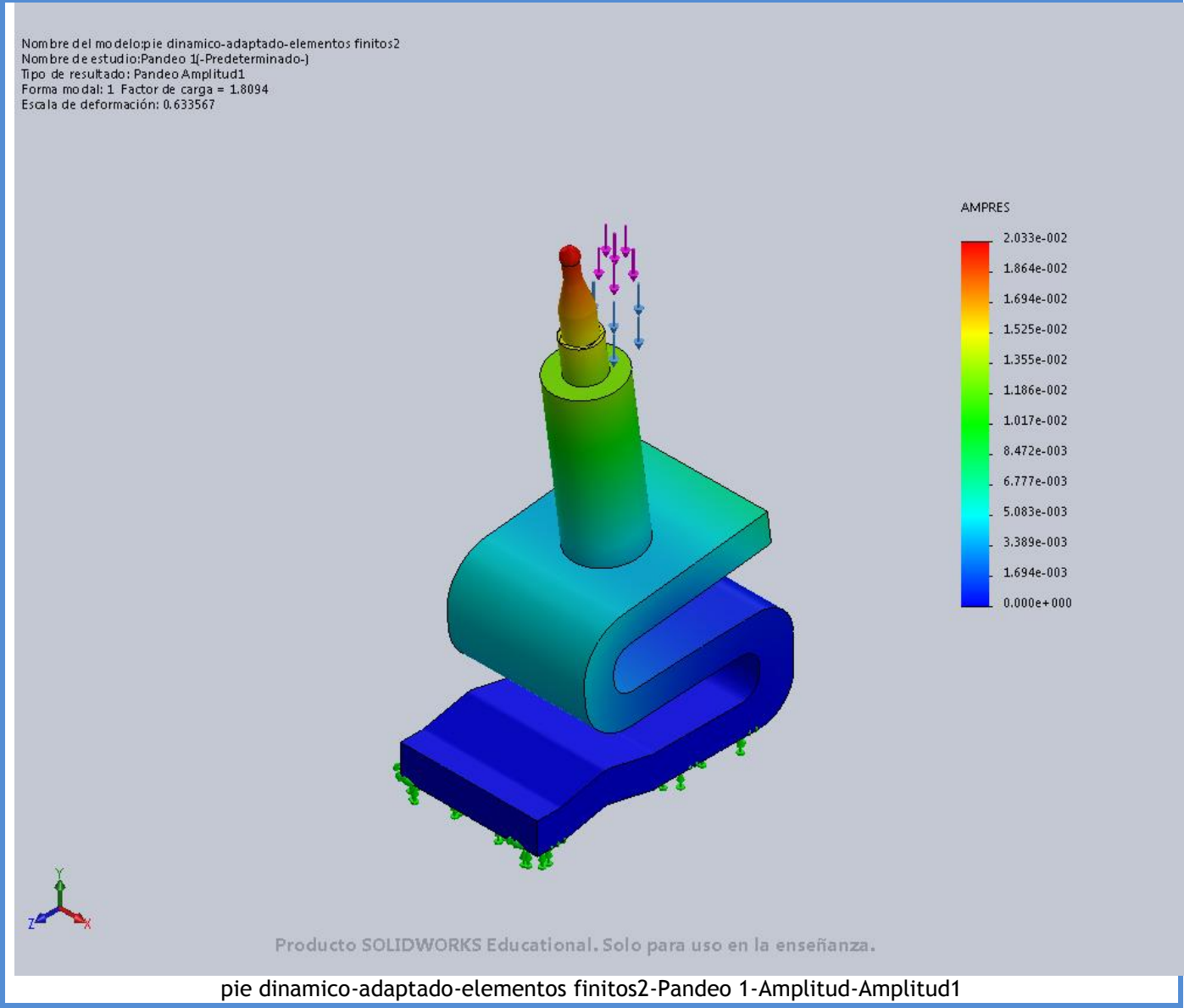
SOLIDWORKS

Analizado con SOLIDWORKS Simulation

Simulación de pie dinamico-adaptado-elementos  
finitos2

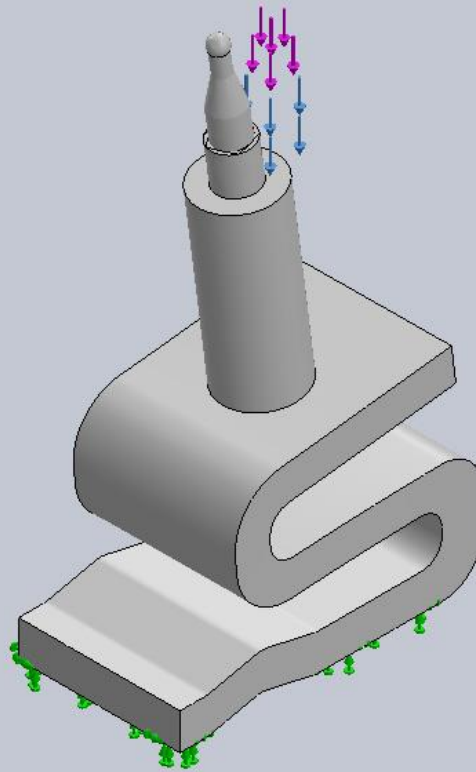
Resultados del estudio

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Amplitud1	AMPRES: Amplitud resultante Plot para forma modal: 1(Factor de carga = 1.80943)	0.000e+000 Nodo: 207	2.033e-002 Nodo: 14720



Nombre	Tipo
Desplazamientos1	Deformada

Nombre del modelo: pie dinamico-adaptado-elementos finitos2  
 Nombre de estudio: Pandeo 1(-Predeterminado-)  
 Tipo de resultado: Pandeo Desplazamientos:1  
 Forma modal: 1 Factor de carga = 1.8094  
 Escala de deformación: 0.633567



Producto SOLIDWORKS Educational. Solo para uso en la enseñanza.

pie dinamico-adaptado-elementos finitos2-Pandeo 1-Desplazamientos-Desplazamientos1

#### Lista de modos

Modo n°.	Factor de carga
1	1.8094



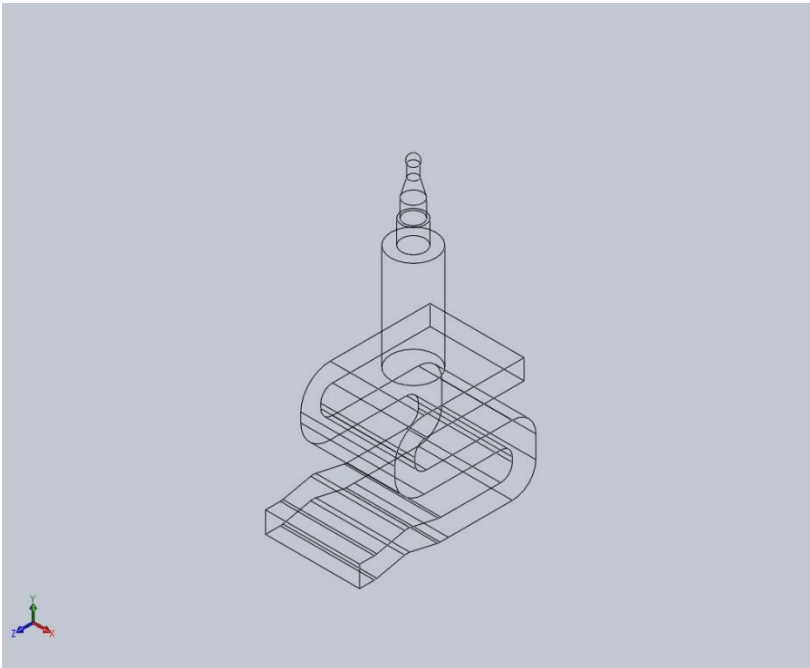


# Simulación de pie dinamico-adaptado- elementos finitos2

Fecha: sábado, 17 de junio de 2017  
Diseñador: Solidworks  
Nombre de estudio: Térmico 1  
Tipo de análisis: Térmico(Estado estable)

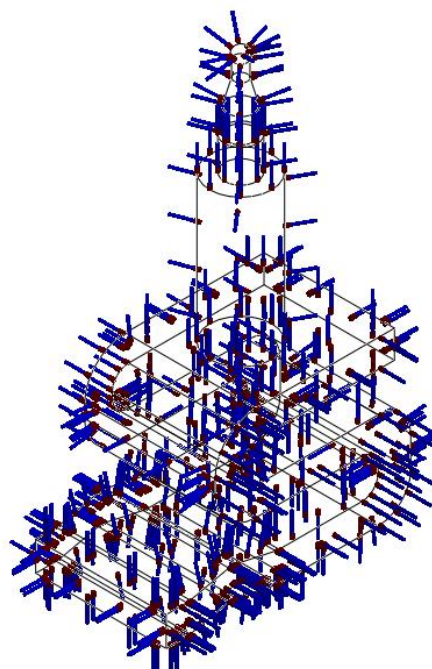
## Tabla de contenidos

Descripción .....	¡Error! Marcador no definido.
Suposiciones .....	2
Información de modelo .....	2
Propiedades de estudio .....	3
Unidades .....	3
Propiedades de material .....	4
Cargas térmicas .....	4
Información de contacto .....	4
Información de malla .....	5
Detalles del sensor .....	6
Resultados del estudio .....	7
Conclusión .....	¡Error! Marcador no definido.



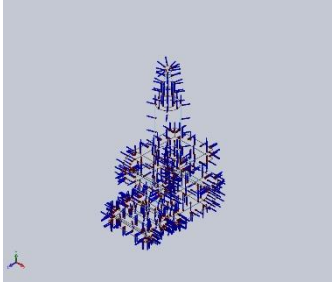
## Suposiciones

## Información de modelo



Nombre del modelo: pie dinamico-adaptado-elementos finitos2  
Configuración actual: Predeterminado

## Sólidos

Nombre de documento y referencia	Tratado como	Propiedades volumétricas	Ruta al documento/Fecha de modificación
Redondeo6 	Sólido	Masa:0.0874241 kg Volumen:8.57099e-005 m <sup>3</sup> Densidad:1020 kg/m <sup>3</sup> Peso:0.856756 N	E:\TFG\diseño\actualizado\Pie dinamico\pie dinamico-adaptado-elementos finitos2.SLDPRT Jun 17 10:59:48 2017

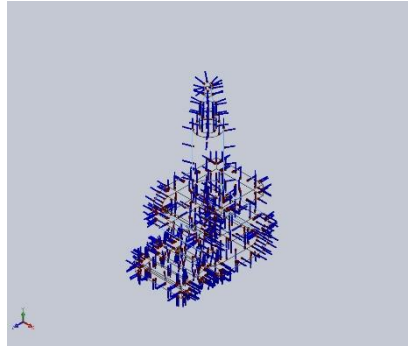
## Propiedades de estudio

Nombre de estudio	Térmico 1
Tipo de análisis	Térmico(Estado estable)
Tipo de malla	Malla sólida
Tipo de solver	FFEPlus
Tipo de solución	Estado estable
¿Se definió la resistencia de contacto?	No
Carpeta de resultados	Documento de SOLIDWORKS (E:\TFG\diseño\actualizado\Pie dinamico)

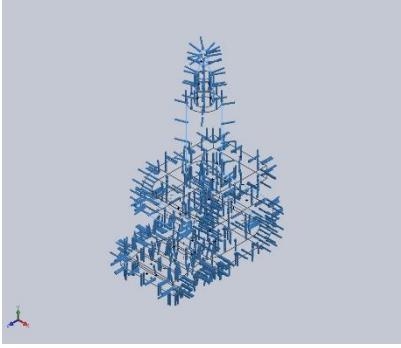
## Unidades

Sistema de unidades:	Métrico (MKS)
Longitud/Desplazamiento	mm
Temperatura	Kelvin
Velocidad angular	Rad/seg
Presión/Tensión	N/m <sup>2</sup>

## Propiedades de material

Referencia de modelo	Propiedades	Componentes
	<b>Nombre:</b> ABS <b>Tipo de modelo:</b> Isotrópico elástico lineal <b>Criterio de error predeterminado:</b> Desconocido <b>Conductividad térmica:</b> 0.2256 W/(m.K) <b>Calor específico:</b> 1386 J/(kg.K) <b>Densidad:</b> 1020 kg/m <sup>3</sup>	Sólido 1(Redondeo6)(pie dinámico-adaptado-elementos finitos2)
Datos de curva:N/A		

## Cargas térmicas

Nombre de carga	Cargar imagen	Detalles de carga
Temperatura-1		<b>Entidades:</b> 43 cara(s) <b>Temperatura:</b> 40 Celsius

## Información de contacto

No hay datos

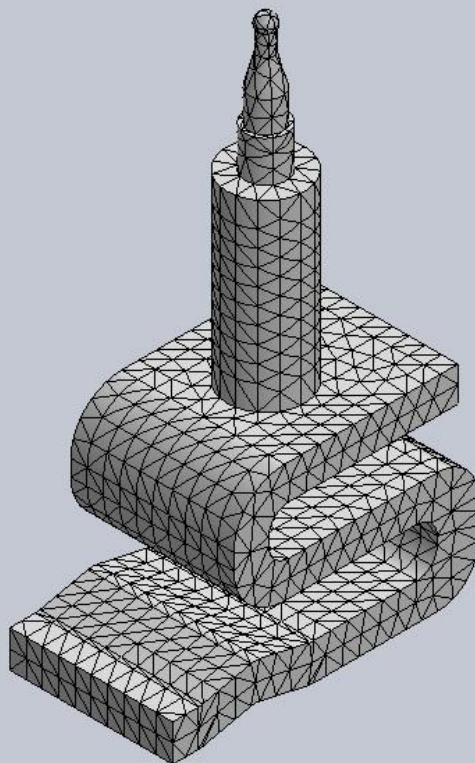
## Información de malla

Tipo de malla	Malla sólida
Mallador utilizado:	Malla estándar
Transición automática:	Desactivar
Incluir bucles automáticos de malla:	Desactivar
Puntos jacobianos	4 Puntos
Tamaño de elementos	4.41041 mm
Tolerancia	0.220521 mm
Trazado de calidad de malla	Elementos cuadráticos de alto orden

## Información de malla - Detalles

Número total de nodos	15049
Número total de elementos	9015
Cociente máximo de aspecto	7.935
% de elementos cuyo cociente de aspecto es < 3	98
% de elementos cuyo cociente de aspecto es > 10	0
% de elementos distorsionados (Jacobiana)	0
Tiempo para completar la malla (hh:mm:ss):	00:00:05
Nombre de computadora:	AULA4EQ09

Nombre del modelo: pie dinámico-adaptado-elementos finitos2  
Nombre de estudio: Térmico 1(-Predeterminado-)  
Tipo de malla: Malla sólida



Producto SOLIDWORKS Educational. Solo para uso en la enseñanza.

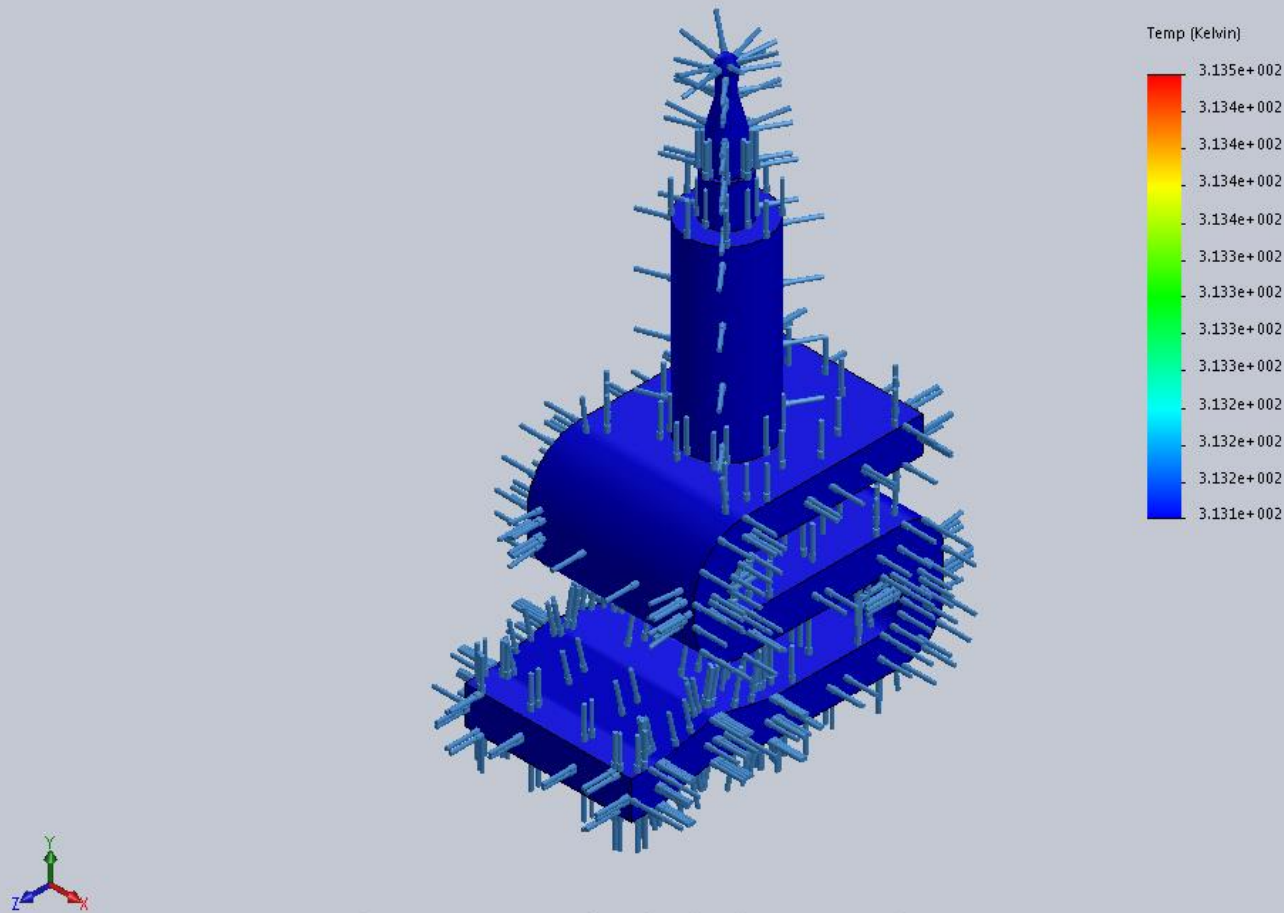
## Detalles del sensor

No hay datos

Resultados del estudio

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Térmico1	TEMP: Temperatura	3.131e+002Kelvin Nodo: 1	3.131e+002Kelvin Nodo: 1

Nombre del modelo: pie dinamico-adaptado-elementos finitos2  
Nombre de estudio: Térmico 1(-Predeterminado-)  
Tipo de resultado: Térmico Térmico1  
Paso de tiempo: 1

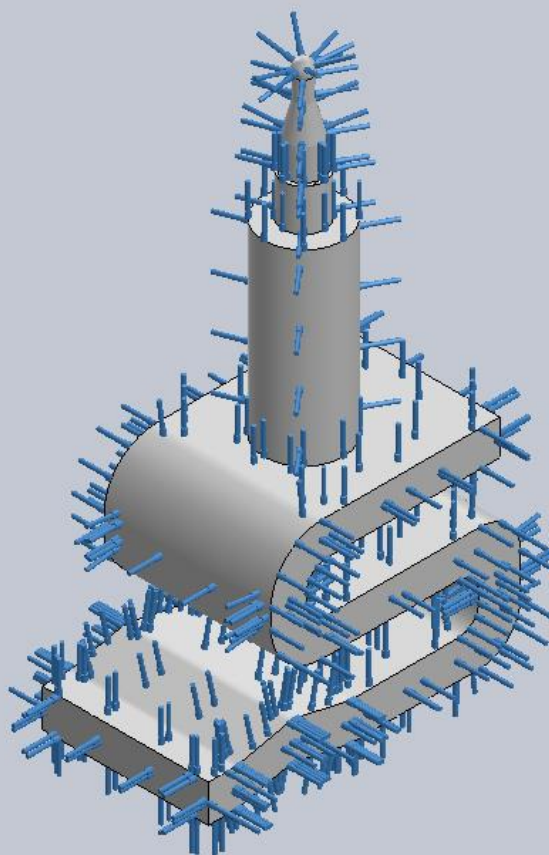


Producto SOLIDWORKS Educational. Solo para uso en la enseñanza.

pie dinamico-adaptado-elementos finitos2-Térmico 1-Térmico-Térmico1

Nombre	Tipo
Desplazamientos1	Deformada

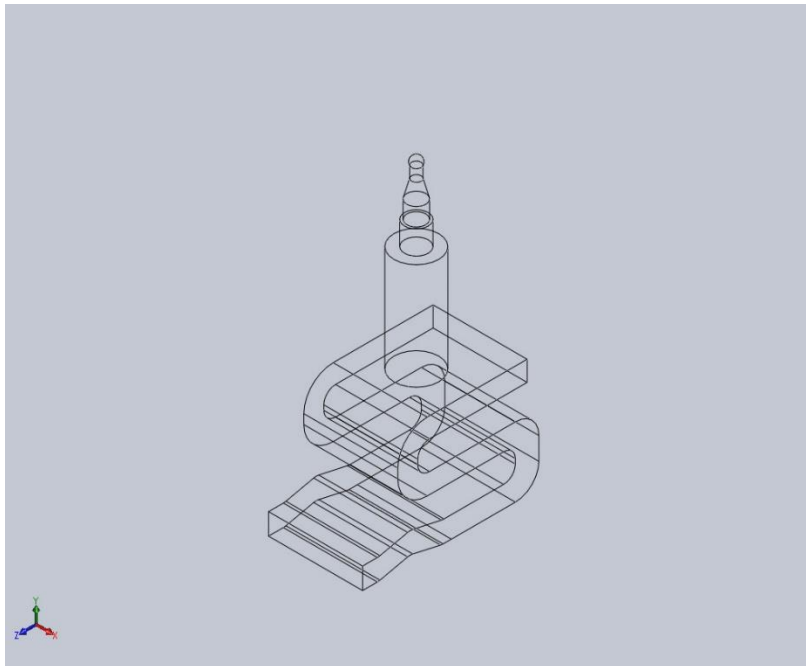
Nombre del modelo: pie dinamico-adaptado-elementos finitos2  
Nombre de estudio: Térmico 1[-Predeterminado-]  
Tipo de resultado: Desplazamientos1  
Escala de deformación: 0



Producto SOLIDWORKS Educational. Solo para uso en la enseñanza.

pie dinamico-adaptado-elementos finitos2-Térmico 1-Desplazamientos-Desplazamientos1





# Simulación de pie dinamico-adaptado- elementos finitos2

Fecha: sábado, 17 de junio de 2017

Diseñador: Solidworks

Nombre de estudio: Térmico 1

Tipo de análisis: Térmico(Estado estable)

## Tabla de contenidos

Descripción ..... ¡Error! Marcador no definido.

Información de modelo ..... 2

Propiedades de estudio..... 3

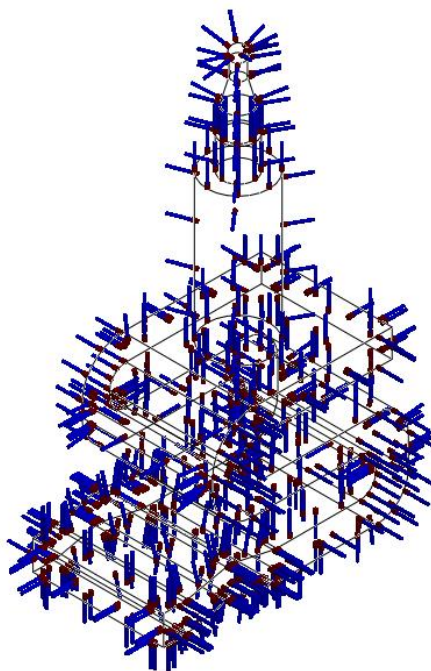
Unidades ..... 3

Cargas térmicas ..... 3

Información de malla ..... 4

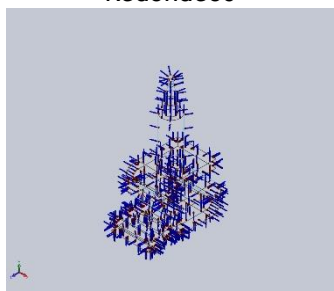
Resultados del estudio..... 6

## Información de modelo



Nombre del modelo: pie dinamico-adaptado-elementos finitos2  
Configuración actual: Predeterminado

### Sólidos

Nombre de documento y referencia	Tratado como	Propiedades volumétricas	Ruta al documento/Fecha de modificación
Redondeo6 	Sólido	Masa:0.0874241 kg Volumen:8.57099e-005 m <sup>3</sup> Densidad:1020 kg/m <sup>3</sup> Peso:0.856756 N	E:\TFG\diseño\actualizado \Pie dinamico\pie dinamico-adaptado- elementos finitos2.SLDPRT Jun 17 10:59:48 2017



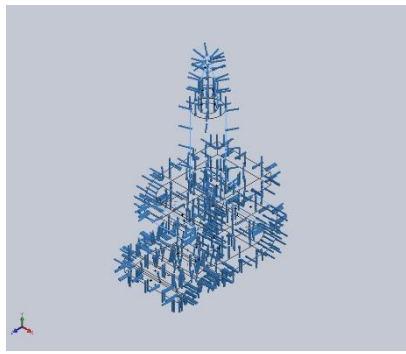
## Propiedades de estudio

Nombre de estudio	Térmico 1
Tipo de análisis	Térmico(Estado estable)
Tipo de malla	Malla sólida
Tipo de solver	FFEPlus
Tipo de solución	Estado estable
¿Se definió la resistencia de contacto?	No
Carpeta de resultados	Documento de SOLIDWORKS (E:\TFG\diseño\actualizado\Pie dinamico)

## Unidades

Sistema de unidades:	Métrico (MKS)
Longitud/Desplazamiento	mm
Temperatura	Kelvin
Velocidad angular	Rad/seg
Presión/Tensión	N/m <sup>2</sup>

## Cargas térmicas

Nombre de carga	Cargar imagen	Detalles de carga
Temperatura-2		Entidades: 43 cara(s) Temperatura: -10 Celsius



## Información de malla

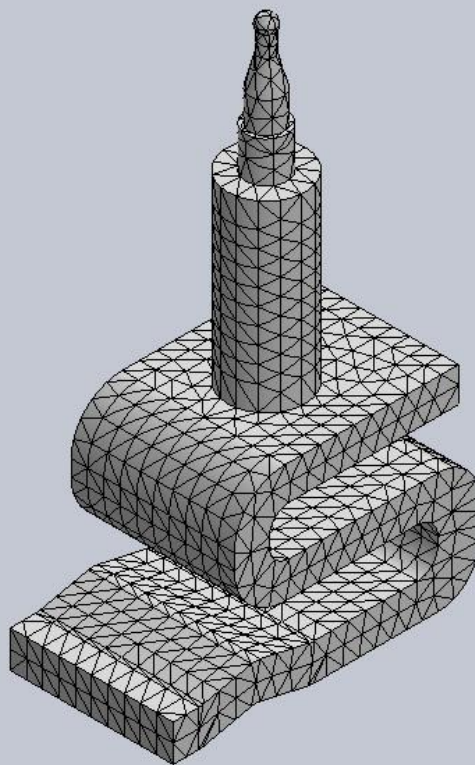
Tipo de malla	Malla sólida
Mallador utilizado:	Malla estándar
Transición automática:	Desactivar
Incluir bucles automáticos de malla:	Desactivar
Puntos jacobianos	4 Puntos
Tamaño de elementos	4.41041 mm
Tolerancia	0.220521 mm
Trazado de calidad de malla	Elementos cuadráticos de alto orden

## Información de malla - Detalles

Número total de nodos	15049
Número total de elementos	9015
Cociente máximo de aspecto	7.935
% de elementos cuyo cociente de aspecto es < 3	98
% de elementos cuyo cociente de aspecto es > 10	0
% de elementos distorsionados (Jacobiana)	0
Tiempo para completar la malla (hh:mm:ss):	00:00:05
Nombre de computadora:	AULA4EQ09



Nombre del modelo: pie dinamico-adaptado-elementos finitos2  
Nombre de estudio: Térmico 1(-Predeterminado-)  
Tipo de malla: Malla sólida



Producto SOLIDWORKS Educational. Solo para uso en la enseñanza.



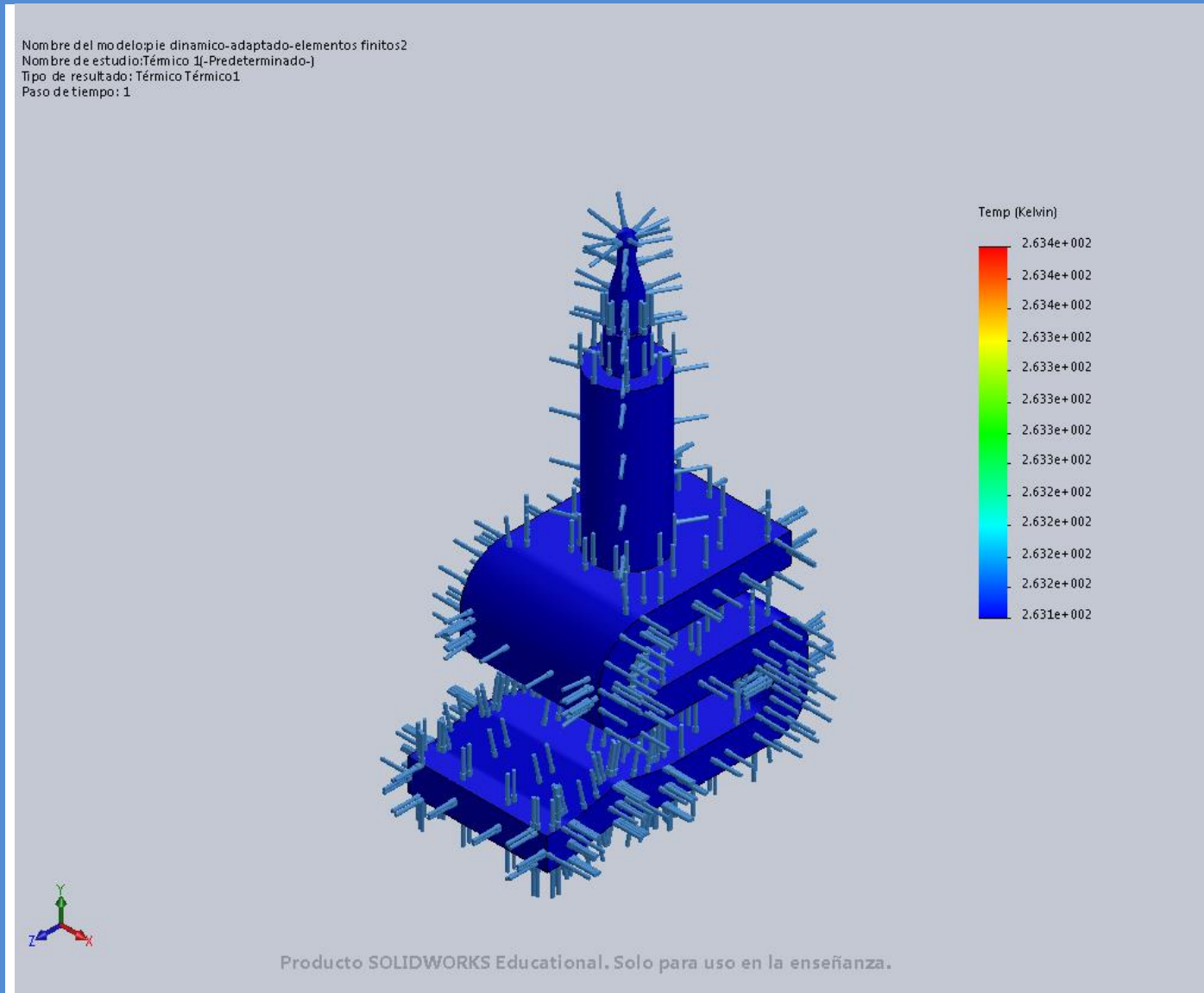
**SOLIDWORKS**

Analizado con SOLIDWORKS Simulation

Simulación de pie dinamico-adaptado-elementos  
finitos2

Resultados del estudio

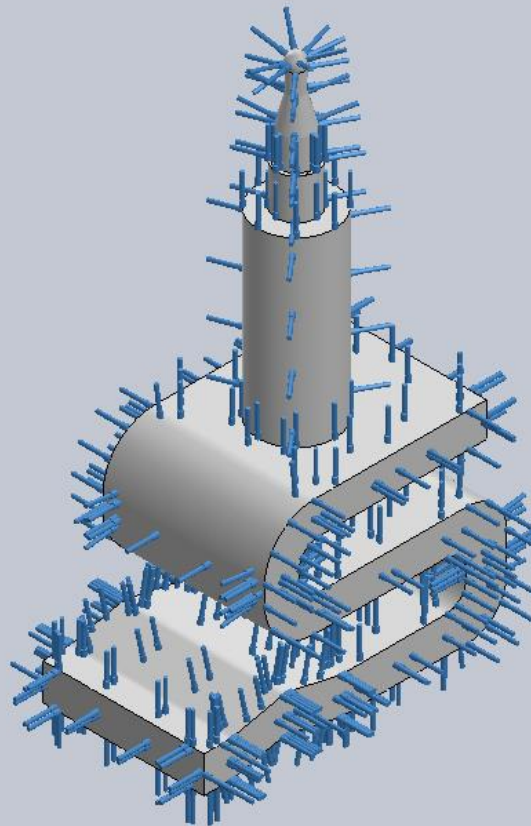
Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Térmico1	TEMP: Temperatura	2.631e+002Kelvin Nodo: 1	2.631e+002Kelvin Nodo: 1



pie dinamico-adaptado-elementos finitos2-Térmico 1-Térmico-Térmico1

Nombre	Tipo
Desplazamientos1	Deformada

Nombre del modelo: pie dinamico-adaptado-elementos finitos2  
Nombre de estudio: Térmico 1(-Predeterminado-)  
Tipo de resultado: Desplazamientos1  
Escala de deformación: 0



Producto SOLIDWORKS Educational. Solo para uso en la enseñanza.

pie dinamico-adaptado-elementos finitos2-Térmico 1-Desplazamientos-Desplazamientos1



SOLIDWORKS

Analizado con SOLIDWORKS Simulation

Simulación de pie dinamico-adaptado-elementos  
finitos2

# Simulación Rediseño

Fecha: domingo, 18 de junio de 2017

Diseñador: Solidworks

Nombre de estudio: Análisis estático 2

Tipo de análisis: Análisis estático

## Tabla de contenidos

Descripción ..... ¡Error! Marcador no definido.

Suposiciones ..... ¡Error! Marcador no definido.

Información de modelo ..... 2

Propiedades de estudio ..... 3

Unidades ..... 3

Propiedades de material ..... 4

Cargas y sujeciones..... 5

Información de malla ..... 7

Fuerzas resultantes..... 8

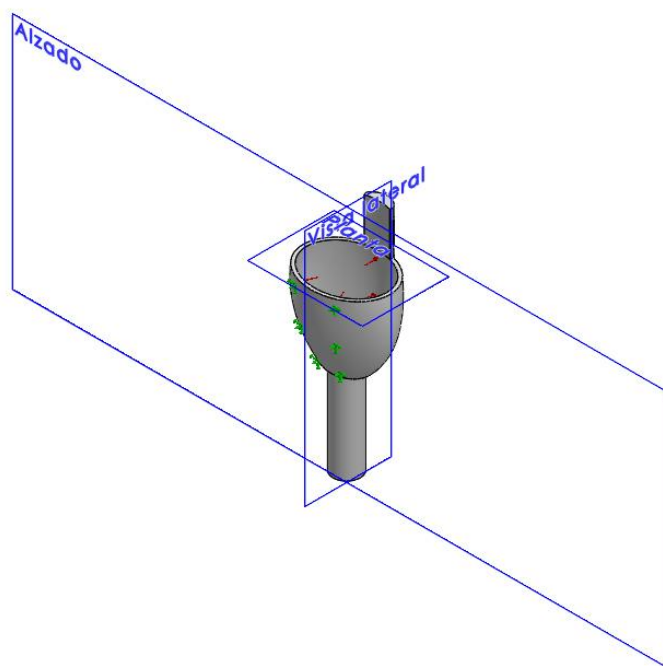
Resultados del estudio ..... 9

Conclusión ..... ¡Error! Marcador no definido.



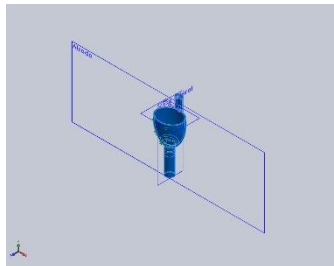


## Información de modelo



Nombre del modelo: agarre 2.0(hebilla lateral)  
Configuración actual: Predeterminado

### Sólidos

Nombre de documento y referencia	Tratado como	Propiedades volumétricas	Ruta al documento/Fecha de modificación
<p>Cortar-Revolución1</p> 	Sólido	<p>Masa:0.0734841 kg Volumen:7.20432e-005 m<sup>3</sup> Densidad:1020 kg/m<sup>3</sup> Peso:0.720144 N</p>	<p>E:\TFG\diseño palos de trekkking\agarre 2.0(hebilla lateral).SLDPRT Jun 16 20:44:46 2017</p>



## Propiedades de estudio

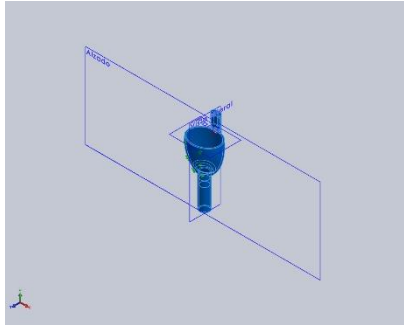
Nombre de estudio	Análisis estático 2
Tipo de análisis	Análisis estático
Tipo de malla	Malla sólida
Efecto térmico:	Activar
Opción térmica	Incluir cargas térmicas
Temperatura a tensión cero	298 Kelvin
Incluir los efectos de la presión de fluidos desde SOLIDWORKS Flow Simulation	Desactivar
Tipo de solver	FFEPlus
Efecto de rigidización por tensión (Inplane):	Desactivar
Muelle blando:	Desactivar
Desahogo inercial:	Desactivar
Opciones de unión rígida incompatibles	Automático
Gran desplazamiento	Desactivar
Calcular fuerzas de cuerpo libre	Activar
Fricción	Desactivar
Utilizar método adaptativo:	Desactivar
Carpeta de resultados	Documento de SOLIDWORKS (E:\TFG\diseño palos de trekking)

## Unidades

Sistema de unidades:	Métrico (MKS)
Longitud/Desplazamiento	mm
Temperatura	Kelvin
Velocidad angular	Rad/seg
Presión/Tensión	N/m <sup>2</sup>

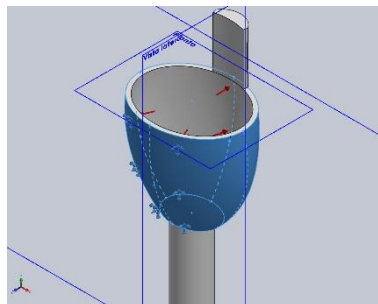


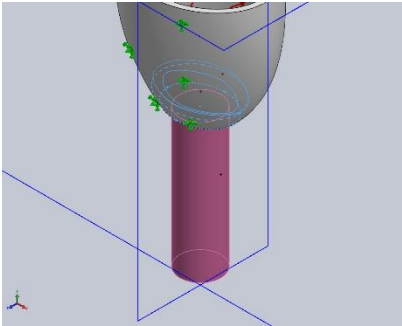
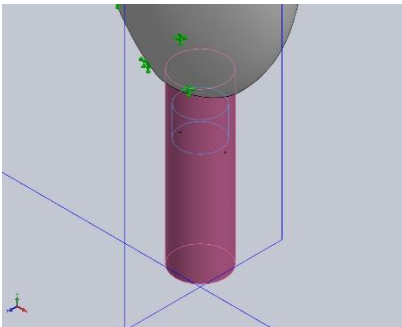
## Propiedades de material

Referencia de modelo	Propiedades	Componentes
	<p> <b>Nombre:</b> ABS  <b>Tipo de modelo:</b> Isotrópico elástico lineal  <b>Criterio de error predeterminado:</b> Desconocido  <b>Límite de tracción:</b> 3e+007 N/m<sup>2</sup>  <b>Módulo elástico:</b> 2e+009 N/m<sup>2</sup>  <b>Coeficiente de Poisson:</b> 0.394  <b>Densidad:</b> 1020 kg/m<sup>3</sup>  <b>Módulo cortante:</b> 3.189e+008 N/m<sup>2</sup> </p>	Sólido 1(Cortar-Revolución1)(agarre 2.0(hebilla lateral))
Datos de curva:N/A		

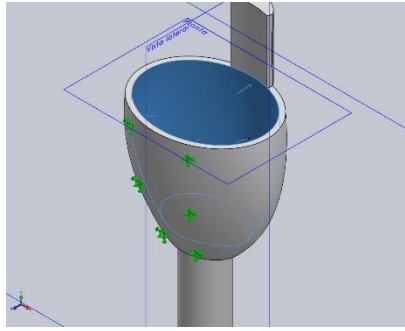


## Cargas y sujeciones

Nombre de sujeción	Imagen de sujeción	Detalles de sujeción			
Fijo-1		Entidades: 1 cara(s) Tipo: Geometría fija			
Fuerzas resultantes					
Componentes	X	Y	Z	Resultante	
Fuerza de reacción(N)	0.019773	-971.382	0.0475212	971.382	
Momento de reacción(N.m)	0	0	0	0	

Nombre de carga	Cargar imagen	Detalles de carga		
Fuerza-1		<b>Entidades:</b> 2 cara(s) <b>Referencia:</b> Cara< 1 > <b>Tipo:</b> Aplicar fuerza <b>Valores:</b> ---, ---, 323.8 N		
Fuerza-2		<b>Entidades:</b> 1 cara(s) <b>Referencia:</b> Cara< 1 > <b>Tipo:</b> Aplicar fuerza <b>Valores:</b> ---, ---, 323.8 N		

Presión-1



**Entidades:** 1 cara(s)  
**Tipo:** Normal a cara seleccionada  
**Valor:** 40  
**Unidades:** N/m<sup>2</sup>  
**Ángulo de fase:** 0  
**Unidades:** deg



## Información de malla

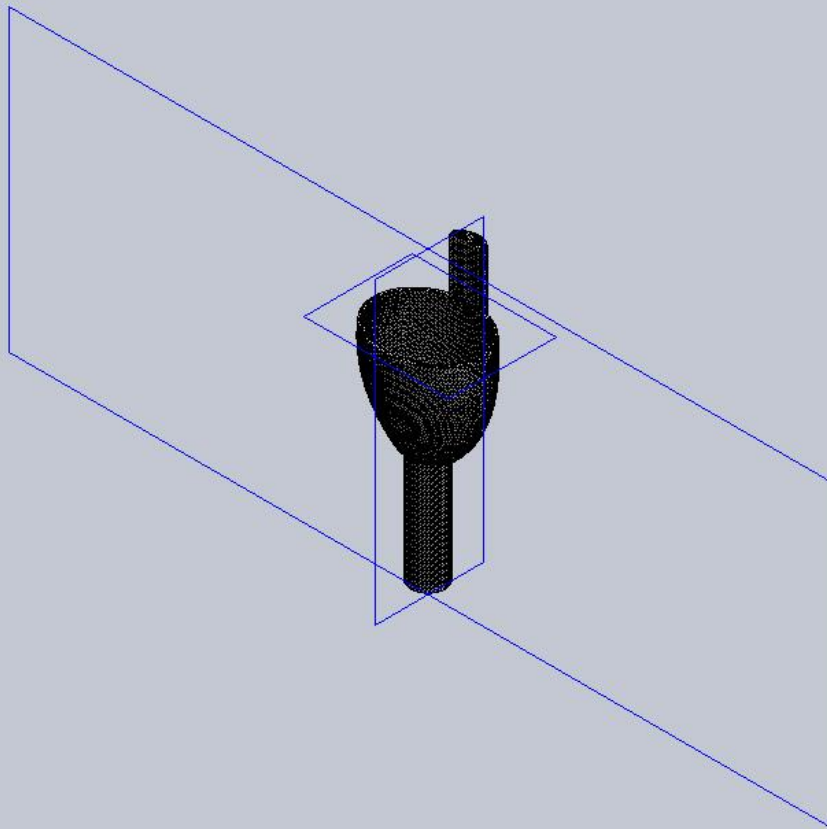
Tipo de malla	Malla sólida
Mallador utilizado:	Malla estándar
Transición automática:	Desactivar
Incluir bucles automáticos de malla:	Desactivar
Puntos jacobianos	4 Puntos
Tamaño de elementos	2.1792 mm
Tolerancia	0.10896 mm
Trazado de calidad de malla	Elementos cuadráticos de alto orden

## Información de malla - Detalles

Número total de nodos	94917
Número total de elementos	55899
Cociente máximo de aspecto	8.5818
% de elementos cuyo cociente de aspecto es < 3	99.6
% de elementos cuyo cociente de aspecto es > 10	0
% de elementos distorsionados (Jacobiana)	0
Tiempo para completar la malla (hh:mm:ss):	00:00:21
Nombre de computadora:	AULA4EQ09



Nombre del modelo: agarre 2.0 (hebilla lateral)  
 Nombre de estudio: Análisis estático 2 (-Predeterminado-)  
 Tipo de malla: Malla sólida



Producto SOLIDWORKS Educational. Solo para uso en la enseñanza.

## Fuerzas resultantes

### Fuerzas de reacción

Conjunto de selecciones	Unidades	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultante
Todo el modelo	N	0.019773	-971.382	0.0475212	971.382

### Momentos de reacción

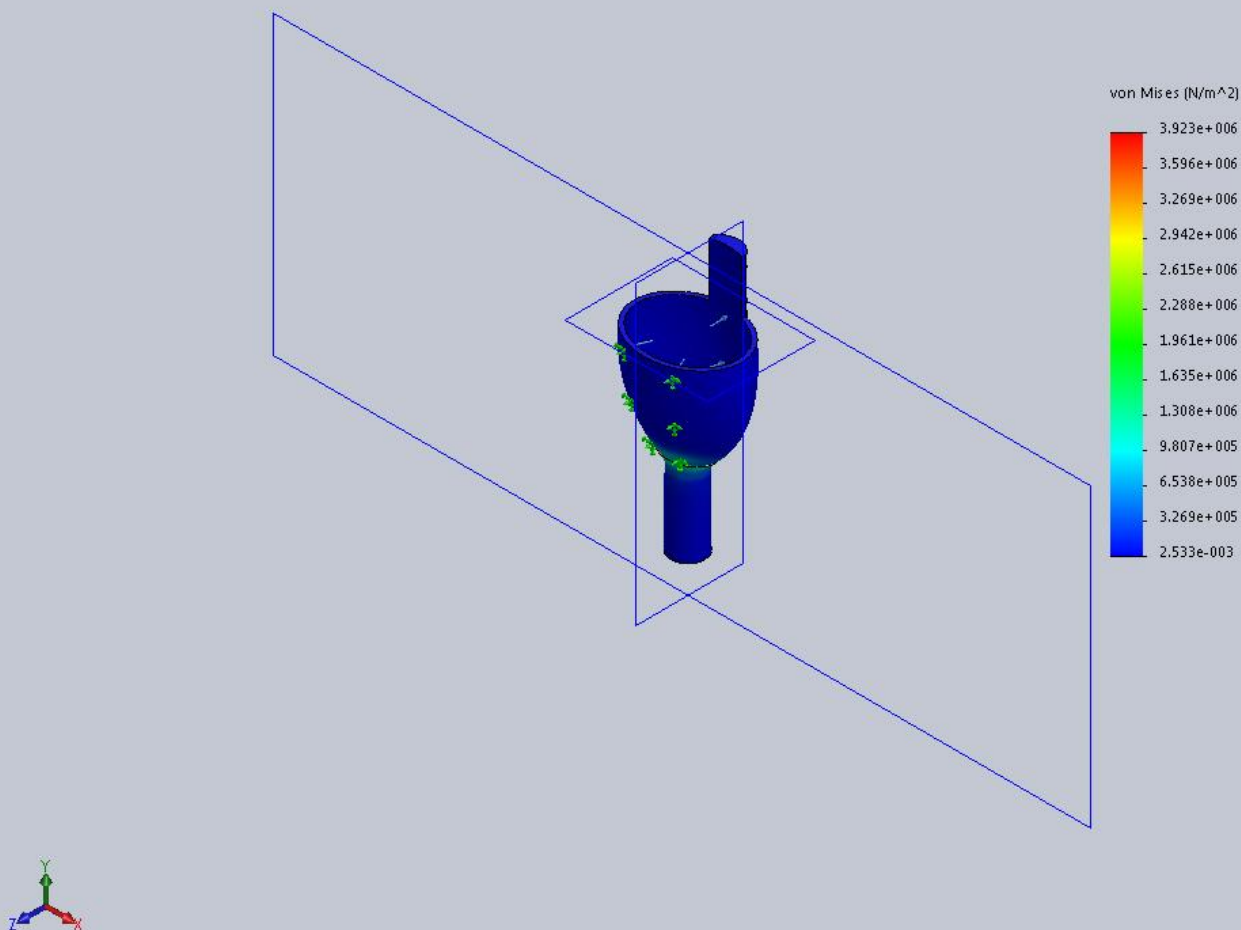
Conjunto de selecciones	Unidades	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultante
Todo el modelo	N.m	0	0	0	0



## Resultados del estudio

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Tensiones1	VON: Tensión de von Mises	2.533e-003N/m <sup>2</sup> Nodo: 48829	3.923e+006N/m <sup>2</sup> Nodo: 87019

Nombre del modelo: agarre 2.0(hebilla lateral)  
Nombre de estudio: Análisis estático 2(-Predeterminado-)  
Tipo de resultado: Análisis estático tensión nodal Tensiones1  
Escala de deformación: 591.057



agarre 2.0(hebilla lateral)-Análisis estático 2-Tensiones-Tensiones1

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Desplazamientos1	URES: Desplazamientos resultantes	0.000e+000mm Nodo: 1497	3.389e-002mm Nodo: 92161



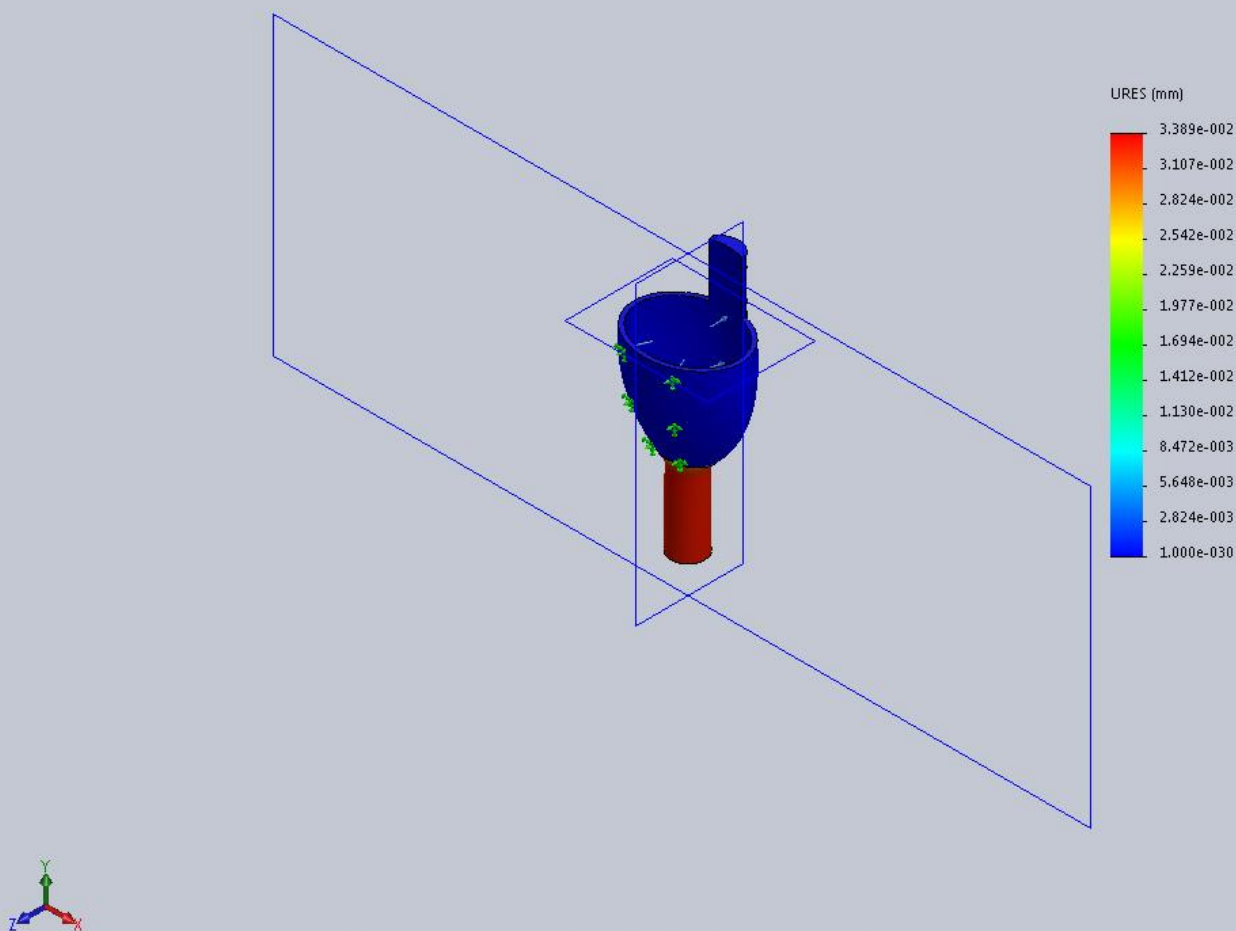
SOLIDWORKS

Analizado con SOLIDWORKS Simulation

Simulación de agarre 2.0(hebilla lateral)



Nombre del modelo: agarre 2.0(hebilla lateral)  
 Nombre de estudio: Análisis estático 2(-Predeterminado-)  
 Tipo de resultado: Desplazamiento estático Desplazamientos1  
 Escala de deformación: 591.057



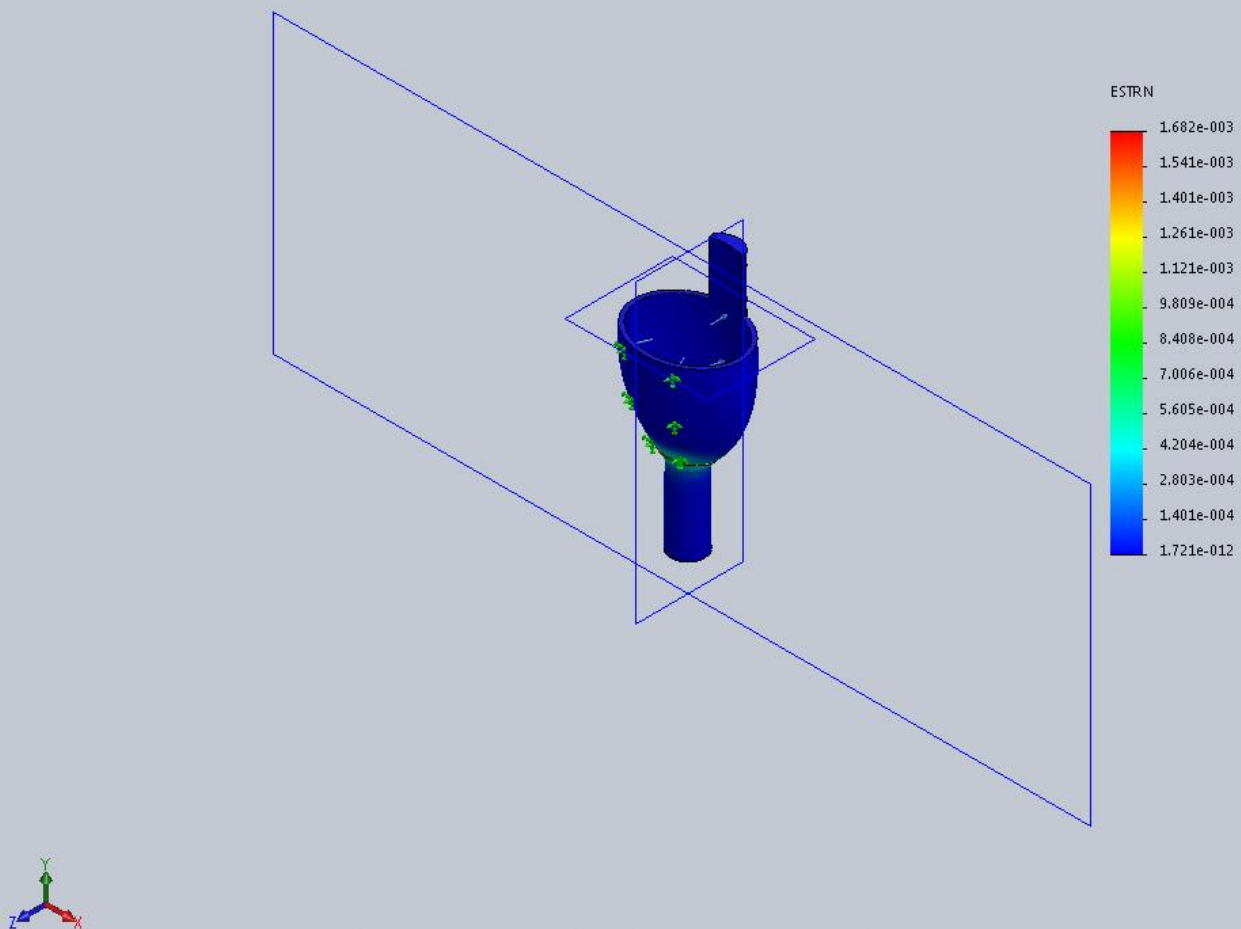
Producto SOLIDWORKS Educational. Solo para uso en la enseñanza.

agarre 2.0(hebilla lateral)-Análisis estático 2-Desplazamientos-Desplazamientos1

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Deformaciones unitarias1	ESTRN: Deformación unitaria equivalente	1.721e-012 Elemento: 16255	1.682e-003 Elemento: 44425



Nombre del modelo: agarre 2.0(hebilla lateral)  
Nombre de estudio: Análisis estático 2(-Predeterminado-)  
Tipo de resultado: Deformación unitaria estática Deformaciones unitarias1  
Escala de deformación: 591,057



Producto SOLIDWORKS Educational. Solo para uso en la enseñanza.

agarre 2.0(hebilla lateral)-Análisis estático 2-Deformaciones unitarias-Deformaciones unitarias1

